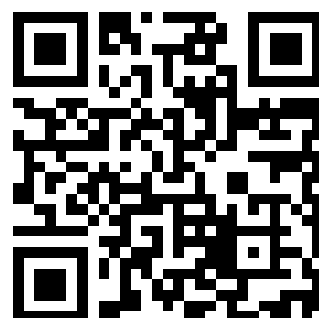

This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

GoogleTM books

<https://books.google.com>





A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

THE LIBRARY



Periodical Collection

CLASS

BOOK



La Technique Moderne

TOME III (1911)

LA Technique Moderne

REVUE MENSUELLE ILLUSTRÉE

DES

Sciences appliquées à l'Industrie, au Commerce et à l'Agriculture

COMITÉ DE RÉDACTION :

APPELL, C. *, Membre de l'Institut; Doyen de la Faculté des Sciences de Paris.
BARBET, *, Ancien Président de la Société des Ingénieurs civils de France.
BARBIER, O. *, Ingénieur-Constructeur; Président de l'Association des Anciens Elèves des Ecoles d'Arts et Métiers.
BARBILLON, * Directeur de l'Institut Electrotechnique de l'Université de Grenoble et de l'Ecole française de Papeterie.
BEAUGEY, C. *, Inspecteur général des Mines; Directeur honoraire des Chemins de fer de l'Etat.
BELLOM, *, Ingénieur en chef des Mines; Professeur à l'Ecole N^e S^e des Mines.
BERTIN, C. *, Membre de l'Institut; Directeur du Génie Maritime.
A. BLONDEL, *, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées; Professeur à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
BOUQUET, C. *, Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers.
BOUTILLIER, O. *, Inspecteur général des Ponts et Chaussées; Professeur de Travaux publics à l'Ecole Centrale.
BRANLY, *, Membre de l'Institut.
BREUIL, * Chef de section honoraire du Laboratoire J'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers.
CARPENTIER, C. *, Membre de l'Institut; Ingénieur-Constructeur.
CELLERIER, * Directeur du L^e d'Essais du Conservatoire N^e des Arts et Métiers.
CHABRIE, *, Professeur de Chimie appliquée à la Faculté des Sciences de Paris.
CHAPUIS, O. *, Ancien Président du Tribunal de Commerce de la Seine.
CHARPY, * Directeur des usines de la C^e de Chatillon-Commentry Neuves Maisons.
CHAUMAT, * Sous-Directeur de l'Ecole Supérieure d'Electricité.
CODRON, * Professeur à l'Institut Industriel du Nord.
COURIOT, O. *, Professeur d'Exploitation des Mines à l'Ecole Centrale.
DAL PIAZ, * Directeur de la Compagnie Générale Transatlantique.
DARIES, * Ingénieur municipal de la Ville de Paris.
DUMONT, O. *, Président de l'Association des Industriels de France.
ZEFFEL, O. *, Ancien Président de la Société des Ingénieurs civils et de l'Association des Anciens Elèves de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.
C. ESPITALIER, O. *, ancien Professeur à l'Ecole d'Application de Fontainebleau.
EYROLLES, O. *, Directeur de l'Ecole Spéciale des Travaux Publics.
FRIEDEL, * Ingénieur en chef des Mines; Directeur de l'Ecole des Mines de St-Etienne.
GABELLE, O. *, Directeur de l'Enseignement Technique au Ministère du Commerce.
GUILLET (Léon) *, Professeur de Métallurgie au Conservatoire N^e des Arts et Métiers.
HALLER, C. *, Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris.
HALLER, C. *, Membre de l'Institut; Professeur à la Faculté des Sciences; Directeur de l'Ecole de Physique et de Chimie de la Ville de Paris.
HARLÉ, O. *, Directeur des Etablissements Sautter, Harlé et C^e.
D'HEIM, * Professeur d'Hygiène au Conservatoire national des Arts et Métiers.
HENRIVAUX, O. *, ancien Directeur des Manufactures de Saint-Gobain.
P. JANET, * Directeur du Laboratoire Central et de l'Ecole Supérieure d'Electricité; Professeur à l'Université de Paris.

JOURDAN, O. *, Ingénieur des Arts et Manufactures.
KLEIN, *, Directeur de l'Institut Commercial de Paris.
KLEINE, O. *, Inspecteur général des Ponts et Chaussées; Directeur de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
LABBE, * Inspecteur général de l'Enseignement Technique.
LAFAY, * Professeur à l'Ecole Polytechnique.
Michel LAGRAVE, O. *, Inspecteur général honoraire de l'Enseignement Technique.
LEAUTE, O. *, Membre de l'Institut; Professeur à l'Ecole Polytechnique; Administrateur de la Société Industrielle des Téléphones.
LECORNU, O. *, Membre de l'Institut; Inspecteur général des Mines; Professeur à l'Ecole Polytechnique et à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines.
LINDET, O. *, Professeur à l'Institut National Agronomique.
LIPPMANN, C. *, Membre de l'Institut; Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.
MARCHIS, * Professeur d'Aviation à la Faculté des Sciences de Paris.
MATIGNON, * Professeur de Chimie Minérale au Collège de France.
MAURICE, * Ingénieur en chef du Génie Maritime; Directeur de l'Ecole d'Application du Génie Maritime.
MERCIER, O. *, Directeur général des Mines de Bethune; Président de la Société des Acieries de France.
MÉTAYER, * Professeur de Métallurgie à l'Ecole Centrale.
MONNIER, * Professeur d'Electricité industrielle à l'Ecole Centrale.
Max De NANSOUTY, O. *, Ingénieur des Arts et Manufactures.
C^e NICOLARDOT, * Chef de laboratoire à la Section technique d'Artillerie.
NIVOIT, C. *, Inspecteur général des Mines; Ancien Direct. de l'Ecole N^e S^e des Mines.
D'OAGNE, * Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées; Professeur à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
PAINLEVE, * Membre de l'Institut; Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.
Michel PELLETIER, O. *, Avocat à la Cour d'Appel de Paris; Professeur de Législation industrielle à l'Ecole Centrale.
PILLET, O. *, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers.
POINCARE, C. *, Membre de l'Académie Française et de l'Académie des Sciences; Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.
QUAEGHEBEUR, * Ingénieur de l'Institut Industriel du Nord.
REUMAUX, C. *, Directeur général des Mines de Lens.
SARTIAUX (E.), O. *, Ingénieur-Electricien.
TAILLEFER, * Avocat à la Cour de Paris; Secrétaire général de l'Association Française pour la protection de la propriété industrielle.
C^e TISSOT, O. *, Professeur à l'Ecole Navale.
D^e TOULOUSE, * Directeur à l'Ecole des Hautes Etudes.
C^e VALLIER, O. *, Membre correspondant de l'Institut.
VIGNON, * Professeur à la Faculté des Sciences et Directeur de l'Ecole de Chimie Industrielle de Lyon.
VIOLLE, O. *, Membre de l'Institut; Professeur au Conserv. N^e des Arts et Métiers.
WITZ, * Membre correspondant de l'Institut.

Directeur-Rédacteur en chef : G. BOURREY

INSPECTEUR DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE AU MINISTÈRE DU COMMERCE ET DE L'INDUSTRIE

TOME III (1911)

PARIS

H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS

47, ET 49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS

1911

La Technique Moderne

TRAVAUX MARITIMES

LE DÉVELOPPEMENT DE LA CONSTRUCTION DES PONTS A TRANSBORDEUR POUR LA TRAVERSÉE DES PASSES MARITIMES

Avant de montrer quel est le développement pris dans ces dernières années par l'emploi des ponts à transbordeur pour la traversée des passes maritimes, il n'est pas inutile de montrer : comment le problème se pose, quel en est l'historique, quelles sont les solutions diverses qui ont été suggérées, quelles sont

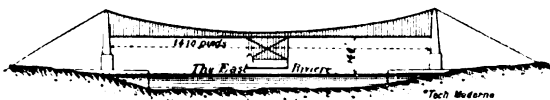


FIG. 1. — Projet de J. W. Morse (1869).

celles qui ont été exécutées ou projetées, enfin quelles sont les difficultés à vaincre pour les ponts à grande portée.

De tout temps, la traversée des passes maritimes sillonnées par les voiliers et les navires à vapeur a constitué un problème intéressant.

Combien de ports et d'entrées de fleuve sont arrêtés dans leur développement industriel et économique par suite de l'absence d'un moyen pratique de locomotion pour relier soit les quais opposés, soit les deux rives !

Ce moyen de communication pour être efficace a besoin d'être rapide, sûr, d'avoir une marche indépendante : des intempéries de la mer, de ses courants, des variations de hauteur du niveau de l'eau dues à la marée, au vent ou aux crues ; indépendante aussi des brouillards, des glaces et de l'intensité de la navigation.

Pour résoudre ce problème, les solutions ne manquent pas. Il y a : les bacs ou ferry-boats, les ponts tournants, basculants ou levis, les ponts fixes à traversées ouvrantes, les ponts de bateaux, les ponts pardessus, les tunnels, les porteurs roulants et les ponts à transbordeur. Chacun de ces systèmes trouve son emploi suivant les dispositions spéciales des passes maritimes à franchir.

Lorsque le problème se pose de la façon suivante : une passe

maritime a besoin : 1° de conserver libre une grande largeur soit pour ne rien changer au régime des eaux du fleuve, soit pour n'apporter aucun obstacle à la navigation ; 2° de desservir rapidement une circulation comprenant : piétons, voitures, tramways, et même trains de chemins de fer de quai à quai ou de rive à rive, et non deux points éloignés de la passe maritime, la solution du pont à transbordeur s'impose.

Dans tous les exemples où ce système s'est appliqué jusqu'ici utilement, le problème s'est posé de cette façon.

Le pont à transbordeur remplace, en un mot, d'une façon économique, les bacs insuffisants à desservir une communication active de quai à quai ou de rive à rive.

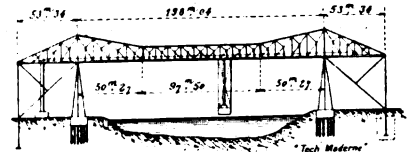


FIG. 2. — Projet de G. Smith (1873).

HISTORIQUE. — Au point de vue historique, la conception du transbordeur remonte très loin. Faustus Verentius, en 1620, en décrit un de son invention dans son livre *Machine*.

L'ingénieur américain J. W. Morse donna, dans le numéro du 29 mai 1869 du *Scientific American*, le projet que la figure 1 reproduit, et dont il projetait l'application sur le pont de Brooklyn que Roebling commençait à construire à cette époque sur l'East-River, à New-York.

Sur ces entrefaites, Roebling mourut, et son fils termina le pont de Brooklyn sans adopter le projet de Morse, pour ne rien changer aux dispositions d'exécution prévues par son père.

Le pont de Brooklyn était d'ailleurs trop faible pour supporter sur les poutres de son tablier le passage d'une nacelle

de 160 pieds de longueur (48^m,77) et 40 pieds de largeur (12^m,20), que Morse prévoyait. D'après lui, cette nacelle devait permettre de transborder entre les deux rives 75 000 piétons et 5 760 chevaux et voitures, en une journée de douze heures.

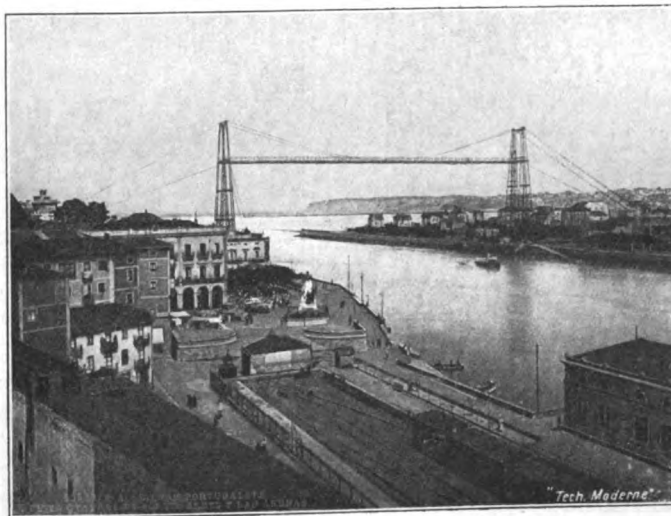


FIG. 3. — Pont à transbordeur de Bilbao (1889).
(Système F. Arnodin et de Palaccio.)

Plus tard, ce fut le directeur des Constructions métalliques de Hartepool, Charles Smith, qui publia, dans le numéro du 25 juillet 1873 (pages 60 et 62) de l'*Engineering*, le projet de réunir les deux rives de la Tees à Middlesbrough au moyen d'un pont à transbordeur. Ce projet, représenté figure 2, ne fut pas plus suivi d'exécution que celui de Morse.

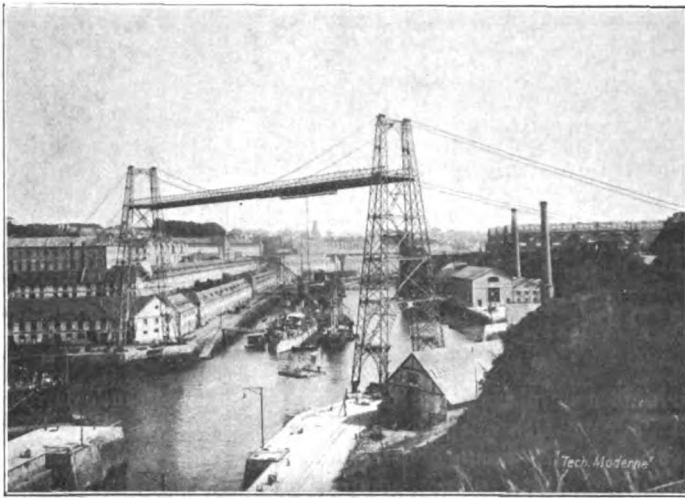


FIG. 4. — Pont à transbordeur de Brest (1908). Système F. Arnodin.

SYSTÈMES DIFFÉRENTS DES PONTS A TRANSBORDEUR CONSTRUITS. — Le premier pont à transbordeur construit fut celui de Bilbao, sur la rivière de Nervion; il réunit Portugalète à la plage de Las Arenas. Il a été projeté et construit par MM. de Palacio et F. Arnodin. Ce système de pont à transbordeur a été réinventé par eux, car ils ignoraient, croyons-nous, les projets de leurs devanciers : Morse et Smith. Quoi qu'il en soit, le mérite de l'invention revient surtout à M. Arnodin, qui a le premier construit cet ouvrage absolument au point qui, depuis sa mise en exploitation en 1889, a marché sans un jour d'interruption.

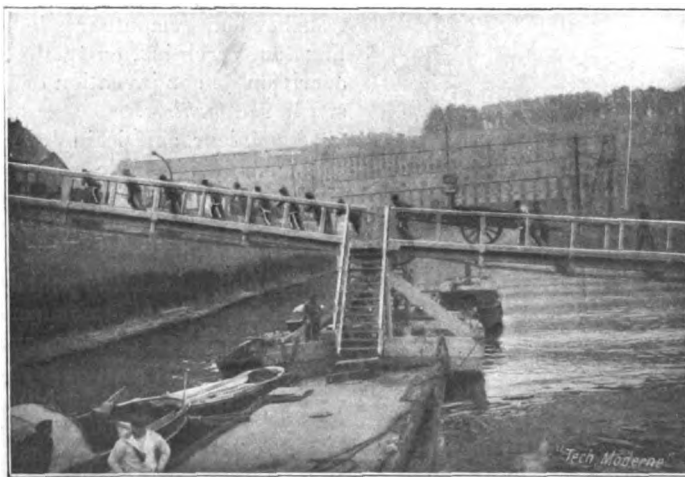


FIG. 5. — Pont de bateaux à Brest sur la Penfeld.

Depuis lors, bien d'autres ponts à transbordeur ont été construits; ils se divisent en deux classes distinctes :

La première comprend jusqu'ici deux systèmes de ponts suspendus;

La seconde comprend également deux systèmes de ponts métalliques rigides.

La première classe des ponts à transbordeur suspendus exécutés comprend deux types d'ouvrages : les ponts suspendus

sur câbles paraboliques et les ponts suspendus à contrepoids et à articulations.

Le premier système représente le type classique, élémentaire; il a contre lui son extrême flexibilité. On est, en effet, en présence d'un système hyperstatique par l'union de câbles flexibles et d'un tablier métallique. On dote le tablier de poutres de rigi-

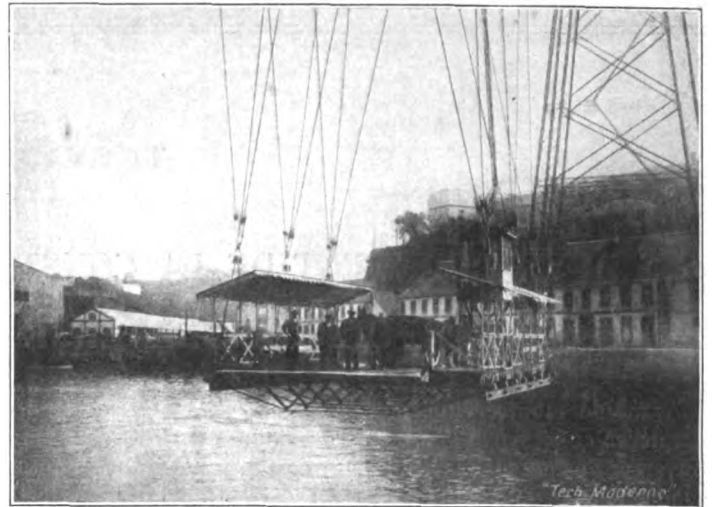


FIG. 6. — Nacelle du pont à transbordeur de Brest.

dité qui diminuent la flexibilité de l'ensemble mais ne l'annulent pas complètement.

Évidemment, dans l'état où se trouvait, il y a peu d'années, la construction des ponts suspendus, ce système élémentaire, à part sa flexibilité, qui n'est pas gênante pour le service normal d'un transbordeur, représente la solution économique et pratique. Actuellement, avec les progrès réalisés, avec la grande variété des systèmes de ponts suspendus rigides à trois articulations dont on dispose, on peut résoudre ce problème pour des portées

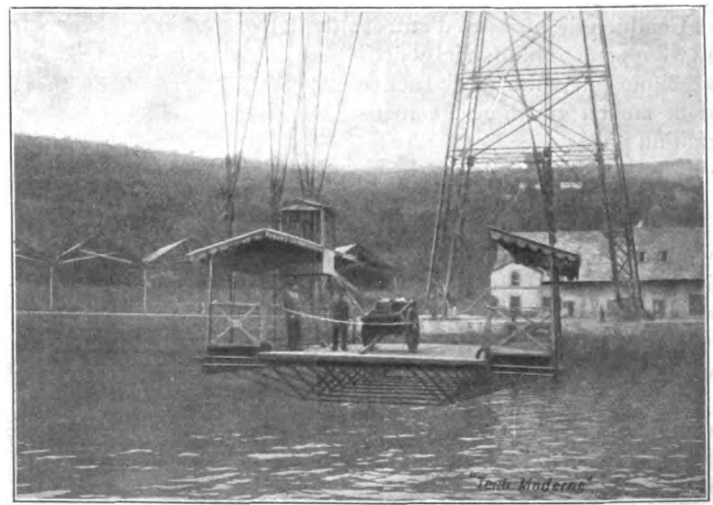


FIG. 7. — Nacelle du pont à transbordeur de Brest.

moyennes de 140 à 300 mètres, en utilisant des systèmes isostatiques dans lesquels tous les efforts sont définis et déterminés par la statique seule, en s'affranchissant de ces poutres de rigidité dont l'intervention est salutaire mais non satisfaisante.

Dans ces systèmes isostatiques, on n'a plus à se préoccuper des mouvements plus ou moins sinusoidaux qui se manifestent dans les poutres porte-rails.

En ce qui concerne les très grandes portées, c'est le système

primitif des ponts suspendus à câbles paraboliques qui jusqu'ici résout le plus économiquement la question.

Les ponts à transbordeur construits dans ce système avec



Fig. 8. — Pont à transbordeur de Rouen (1897). (Système F. Arnodin.)

addition de câbles obliques et de poutres de rigidité sont les suivants :

Bilbao, en 1889, portée 160 mètres sur le Nervion (fig. 3) ;

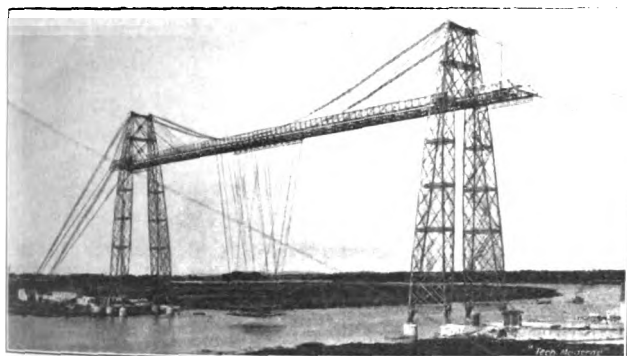


Fig. 9. — Pont à transbordeur de Martrou (1899). (Système F. Arnodin.)

Bizerte, en 1898, portée 109 mètres sur l'entrée du canal, démonté lors de l'élargissement du canal et remonté à l'arsenal de Brest en 1908, sur la Penfeld (fig. 4) ;



Fig. 10. — Pont à transbordeur de Newport-Mon (Angleterre). (Système F. Arnodin.)

Rouen, en 1897, portée 143 mètres sur la Seine (fig. 8) ;
Martrou, en 1899, portée 139^m,76 sur la Charente (fig. 9) ;

Newport-Mon, en 1903, portée 196^m,56 sur l'Usk (fig. 10 et 11) ;
Runcorn, en 1905, portée 304^m,80 sur la Mersey ;
Kiel, en 1910, à l'entrée des chantiers Germania.

Sauf ce dernier, ils ont tous été construits par M. F. Arnodin.

Il n'est pas sans intérêt de montrer, par une image très nette, les services que la nacelle d'un pont à transbordeur peut rendre, même dans un arsenal maritime comme celui de Brest.

Dans cet arsenal, tous les ateliers de construction sont disposés sur plusieurs kilomètres le long des rives de la Penfeld. Comme la navigation doit y rester libre, des ponts de bateaux relient les deux rives. Or, avec la marée, le transport des matériaux

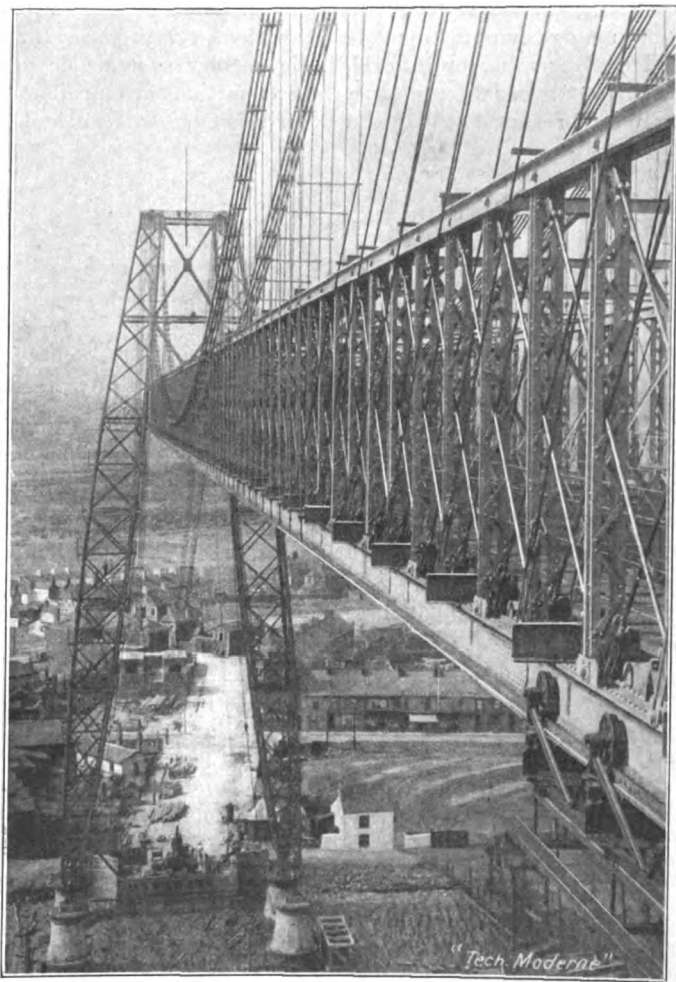


Fig. 11. — Pont à transbordeur de Newport-Mon sur l'Usk (Angleterre).!

destinés aux différents ateliers s'effectuait encore avant 1908 au moyen de corvées d'hommes comme celle qui est représentée figure 5. Il est visible que ce moyen de transport n'était ni économique, ni en rapport avec le progrès, qui exige que l'on demande aux hommes un grand rendement sans épuiser leurs forces physiques, laissant aux moteurs mécaniques et électriques le soin de développer l'énergie nécessaire pour effectuer tous les travaux pénibles.

En rapprochant de ce moyen de transport avant 1908 celui qui y succéda après la construction du pont à transbordeur (figure 6), on constate que la traction peut s'effectuer : soit avec l'emploi des chevaux, soit avec deux hommes là (fig. 7) où il en fallait antérieurement de 12 à 16.

On reconnaît ainsi d'une façon frappante les services importants rendus et les avantages économiques qui en résultent.

Dans les ports où on a construit de pareils ouvrages, ce sont

des services analogues rendus à la collectivité qui en font apprécier la valeur.

Le deuxième type de pont employé dans la construction des transbordeurs de Nantes et de Marseille est encore un système hyperstatique, parce qu'il est constitué par la réunion de câbles obliques à un tablier métallique. Ces câbles ne constituent pas un système strictement défini de forme, suivant l'heureuse expression de M. Maurice Lévy, car on se trouve toujours en présence d'une répartition un peu hypothétique de la surcharge voyageuse sur le tablier et par suite sur les câbles. Ce dernier système de pont fut proposé pour la première fois dans l'un des projets de concours du pont du Forth. La description en est donnée dans

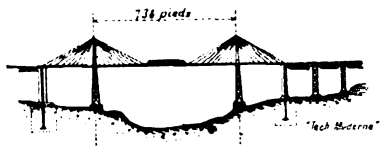


FIG. 12. — Projet présenté pour le pont du Forth (1).

Fig. 13. — Pont à transbordeur de Nantes (1903). (Système F. Arnodin.)

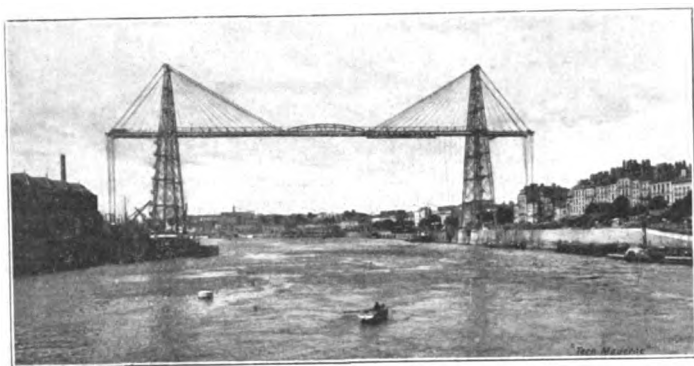


FIG. 13. — Pont à transbordeur de Nantes (1903). (Système F. Arnodin.)

le numéro du 28 février 1890 de *The Engineering* (fig. 12). Ce système fut réinventé et exécuté par M. F. Arnodin aux ponts à transbordeur de :

Nantes, en 1903, portée 140^m,996 sur la Loire (fig. 13) ;

Marseille, en 1906, portée 165 mètres à l'entrée du Port-Vieux (fig. 14).

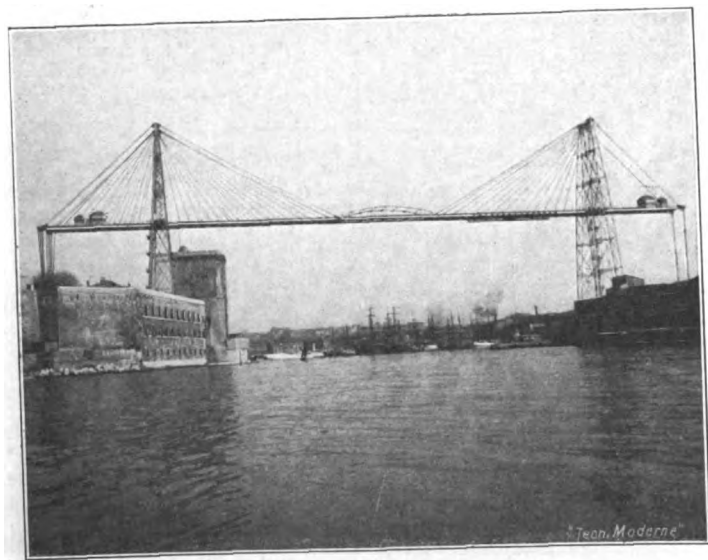


FIG. 14. — Pont à transbordeur de Marseille (1906). (Système F. Arnodin.)

Grâce aux dispositions remarquables d'exécution de ces deux ouvrages, on a obtenu, même avec ce système hyperstatique, de

(1) Voir *The Engineering*, 28 février 1890.

très beaux résultats lors des expériences d'épreuves de ces ouvrages. Bien que, dans les ponts à transbordeur, la flexibilité ne soit gênante en aucune façon pour l'exploitation, puisqu'il ne s'agit, avec la nacelle en service courant, que d'abaissement du tablier de 1 ou 2 décimètres au maximum, il est intéressant de réduire les déformations. Elles produisent, en effet, des renversements d'efforts dans les poutres du tablier, qui ont pour résultat de provoquer le relâchement des rivets qui réunissent les éléments entre eux. C'est là le grave défaut de la majorité des ponts métalliques rigides à poutres droites rivées, construits dans des systèmes hyperstatiques, et où il y a des renversements d'efforts qui sont appréciables surtout dans les ponts pour voies ferrées, où l'on constate, au bout de peu d'années, un jeu important dans les rivets qu'on est obligé de remplacer.

C'est à ce point de vue que le dernier système de pont suspendu à haubans et à articulations représente un perfectionnement très

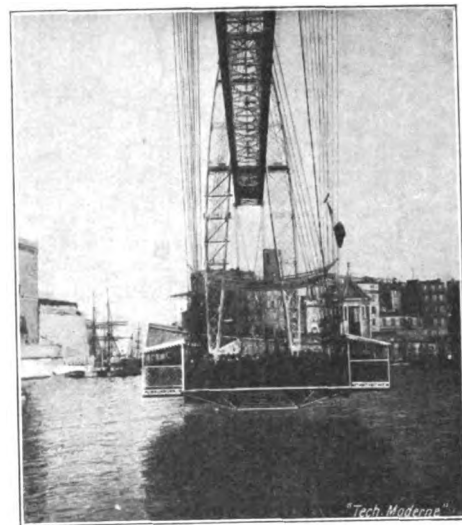


FIG. 15. — Nacelle du pont à transbordeur de Marseille.

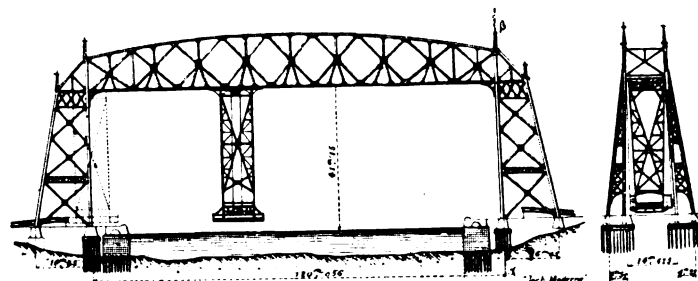


FIG. 16. — Pont à transbordeur de Duluth (1906). (Système Turner.)

important sur le système élémentaire à câbles paraboliques. Les résultats comparés des expériences d'épreuves des deux systèmes mettent ce fait en évidence.

Ainsi on a obtenu :

A Rouen, pour une surcharge d'épreuve de 95 tonnes repré-

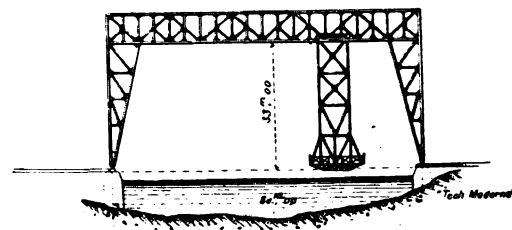


FIG. 17. — Pont à transbordeur, près Hambourg, sur l'Osten (1909).

sentant le poids du cadre de roulement, de la nacelle, de sa suspension et de sa surcharge, un abaissement au centre de la travée de 0^m,52 pour une travée de 143 mètres ;

A Newport-Mon, pour une surcharge de 101 tonnes, un abaissement de 0^m,32 pour une travée de 196^m,56 ;

A Brest, pour une surcharge de 80 tonnes, un abaissement de 0^m,33 pour une travée de 109 mètres ;

A Nantes, l'abaissement fut de 0^m,23 pour une surcharge de 144 tonnes pour une travée de 140^m,996 ;

A Marseille, l'abaissement fut de 0^m,27 avec une surcharge de 149 tonnes pour une travée de 165 mètres.

Comme en temps normal la surcharge voyageuse est environ le tiers de la surcharge d'épreuve, ces abaissements se réduisent ainsi : à Rouen, 0^m,14 ; à Newport-Mon, 0^m,10 ; à Brest, 0^m,11 ; à Nantes, 0^m,07 ; et à Marseille, 0^m,08 ; tous ces abaissements ne déterminent dans les éléments du tablier qu'un travail bien au-dessous du 1/3 des limites autorisées, ce qui assure une sécurité absolue.

Les ponts à transbordeur construits dans le système de pont métallique fixe sont ceux de :

Duluth, en 1905, de 393^m,9 (120 mètres) de portée entre les montants verticaux des deux tours métalliques sur le Duluth-Ship-Canal (fig. 16) ;

Hambourg, en 1909, de 80 mètres de portée sur la rivière Osten, affluent de l'Elbe (fig. 17) ;

Middlesbrough, en 1910, actuellement en construction ; le système adopté est, en somme, la copie du système F. Arnodin employé à Nantes et à Marseille, à contrepoids et à articulations. La pose de la première pierre de cet ouvrage, qui doit réunir Middlesbrough à Port-Clarence, a eu lieu le 5 août dernier. Ce pont aura 570^m 0" (173^m,75) entre les deux tours. La hauteur du tablier au-dessus du niveau de l'eau est de 160 (48^m,766) et la

nacelle aura 41' de longueur (12^m,50) sur 39' de largeur (11^m,89). La surcharge prévue est de 50 tonnes et 600 piétons (fig. 18).

Les autres ponts à transbordeur dont les projets d'exécution sont faits et dont la construction ne peut tarder sont ceux : de Bordeaux, au-dessus de la Gironde, dont la portée sera de 400 mètres entre les axes des pylônes, la hauteur entre le tablier et l'étiage de 52 mètres ; la nacelle aura 10 mètres de largeur sur

13 mètres de longueur. Le poids de tout l'appareil voyageur en surcharge sera de 148 600 kg.

D'Anvers, au-dessus de l'Escaut, réunissant Cruybeke et Oboken, deux communes voisines de ce port. Ce pont aura 473 mètres entre les pylônes. La hauteur du tablier sera de 57 mètres au-dessus de l'étiage, la nacelle aura 16^m,20 sur 13^m,50. Le poids total de la nacelle en surcharge sera de 246 400 kg.

En dehors de ces deux grands ponts, le Brésil

vient de décider la construction d'un pont à transbordeur pour réunir Rio-de-Janeiro à l'île de Cobras, où l'on établit actuellement l'arsenal maritime. Ce transbordeur aura 170 mètres de portée.

Comme autre projet intéressant à signaler, il y a celui prévu pour la traversée de la Seine entre Quillebeuf et Port-Jérôme. C'est un transbordeur porte-train pour la ligne prévue, depuis la convention de 1883, entre le Havre et Pont-Audemer.

(A suivre.)

G. LEINEKUGEL LE COCQ,
Ancien Ingénieur hydrographe de la marine,
Ingénieur en chef des Etablissements F. Arnodin.

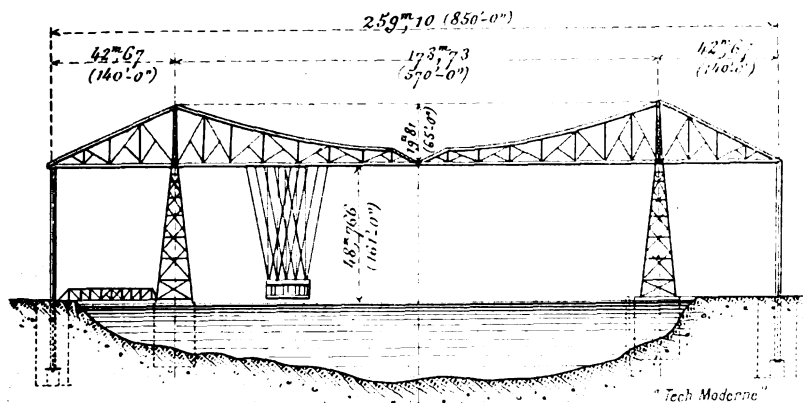


FIG. 18. — Pont à Transbordeur de Middlesbrough (1910).

CHEMINS DE FER

L'ÉLECTRIFICATION DU RÉSEAU PYRÉNÉEN DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DU MIDI

A la suite des négociations auxquelles donna lieu la concession des lignes de chemin de fer transpyrénéennes, la Compagnie des chemins de fer du Midi entreprit, en 1905 et 1906, l'étude des projets qui sont actuellement en cours d'exécution et adopta la traction électrique pour l'exploitation de ces lignes qui présentent des rampes inabordables pour les locomotives à vapeur.

D'autre part, la Compagnie, désireuse d'assurer une exploitation plus rationnelle de sa grande ligne de Toulouse à Bayonne, qui présente dans son tracé une partie particulièrement difficile, la rampe de Capvern, a décidé de substituer la traction électrique à la traction à vapeur sur un certain nombre de lignes de son réseau.

Cette décision est d'autant plus justifiée que, dans cette région, les forces naturelles de la houille blanche sont très abondantes et permettent de produire l'énergie électrique nécessaire dans les meilleures conditions d'économie.

Actuellement, une ligne à traction électrique est ouverte en partie à l'exploitation ; c'est celle de Villefranche-de-Conflent à Bourg-Madame, dans les Pyrénées-Orientales. Construite à voie

de 1 mètre, et alimentée par du courant continu, cette ligne a fait l'objet d'une description dans cette revue (1).

Les lignes qui seront dotées en premier lieu de la traction électrique sont les suivantes (voir la carte, p. 7) :

1^o Ligne de Foix à Ax-les-Thermes, d'une longueur de 41 km., et son prolongement d'Ax-les-Thermes à Ripoll, par Bourg-Madame, d'une longueur de 40 km. 5 jusqu'à la frontière espagnole. La section d'Ax-les-Thermes à la frontière constitue la partie française de la ligne transpyrénéenne d'Ax-les-Thermes à Ripoll (Espagne) ;

2^o Sur la ligne de Toulouse à Bayonne, la section de Montréjeau à Pau, d'une longueur de 112 km., ainsi que les embranchements qui sont actuellement exploités à la vapeur :

- a) Montréjeau à Bagnères-de-Luchon, 35 km. 5 ;
- b) Lannemezan à Arreau, 25 km. ;
- c) Tarbes à Bagnères-de-Bigorre, 22 km. ;

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 12 (nov. 1909), p. 556.

- d) Lourdes à Pierrefitte-Nestalas, 20 km. 50;
- e) Pau à Oloron-Sainte-Marie et à Laruns-Eaux-Bonnes, 54 km.;
- 3° Les lignes concédées suivantes :
 - a) Auch à Lannemezan, 69 km. 5;
 - b) Arreau à Saint-Lary et Vielle-Aure, 11 km.;
 - c) Pau à Hagetmau, 52 km. 5;
 - d) Oloron-Sainte-Marie à Bedous et le prolongement de Bedous à la frontière espagnole, 52 km., constituant la partie française de la ligne transpyrénéenne de Bedous à Jaca;
- 4° La ligne concédée, à voie de 1 mètre, de Castelnau-Magnoac à Tarbes.

LIGNE DE FOIX A AX-LES-THERMES ET A LA FRONTIÈRE ESPAGNOLE. — La section de Foix à Ax-les-Thermes est depuis longtemps en exploitation avec la traction à vapeur.

Les travaux du transpyrénéen d'Ax-les-Thermes à Ripoll (Espagne) sont en cours d'exécution.

La ligne part d'Ax-les-Thermes, dans la vallée de l'Ariège, pour arriver à Puyserda, dans la vallée de Carol. Elle remonte la vallée de l'Ariège sur une longueur de 21 km. et présente des rampes de 40 mm. par mètre.

En un certain point de la ligne, la pente du cours d'eau étant trop forte, on a dû racheter les différences de niveau en établissant un souterrain hélicoïdal, désigné sous le nom de souterrain de Saillens, qui a une longueur de 1 270 mètres; la tête du tunnel, côté Ax, est à la cote 1 276^m,50 et à la cote 1 338^m,99 à la tête du côté de la frontière.

Après la station de l'Hospitalet, la ligne passe sous le col de Puymorens, dans un tunnel de 5 km. 330 de longueur. L'entrée du tunnel, côté Ax, est à la cote 1 445^m,20 et la sortie, côté frontière, à la cote 1 562^m,20. Sur un parcours de 3 586 mètres, à partir de l'entrée, la voie présente une rampe de 34 mm. par mètre, suivie d'un palier de 100 mètres de longueur, placé au point culminant (cote 1 567^m,13), après lequel la voie a une pente de 3 mm. par mètre sur un parcours de 1 344 mètres. La ligne descend ensuite la vallée du Carol pour arriver à la frontière.

Les travaux sont commencés sur deux points : au souterrain de Saillens et au tunnel du col de Puymorens.

SECTION DE MONTRÉJEAU A PAU. — Cette importante section, actuellement exploitée à la vapeur, présente sur son parcours, entre Montréjeau et Pau, un profil très accidenté.

La ligne, partant de Toulouse, remonte en pente douce jusqu'à Montréjeau la vallée de la Garonne. De là, pour arriver à Tarbes, dans la vallée de l'Adour, elle doit franchir les lignes de crête du plateau de Lannemezan, à travers des coteaux argileux, par une succession de pentes et de rampes variant de 14 à 18 mm. par mètre dans la plus grande partie, atteignant même 33 mm. entre Tournay et Capvern.

Ce profil de voie ne se prête pas à une exploitation normale au moyen de la vapeur, et les difficultés n'ont fait que s'accroître avec le grand développement du trafic. C'est donc avec juste raison que la Compagnie du Midi a décidé de substituer la traction électrique à la traction à vapeur sur cette section, car avec elle les difficultés actuelles seront supprimées complètement.

En ce qui concerne les embranchements qui se détachent de cette section, il était rationnel de les doter également de la traction électrique, les usines hydraulico-électriques qui vont être installées pouvant largement fournir la quantité d'énergie électrique nécessaire à l'alimentation de ce réseau.

Quant aux lignes concédées, qui ne peuvent être établies dans des conditions vraiment pratiques qu'en adoptant des rampes de 35 à 45 mm. par mètre, la traction électrique s'imposait.

LIGNE D'OLORON-SAINTE-MARIE A LA FRONTIÈRE ESPAGNOLE. — La section d'Oloron à Bedous, d'une longueur de 25 km., est actuellement en construction et sera terminée prochainement.

La ligne transpyrénéenne part de Bedous et remonte la vallée d'Aspe jusqu'aux Forges d'Abel; là, elle entre dans le souterrain de faite percé sous le col de Somport. Ce souterrain aura une longueur d'environ 7 km. 800 et la Compagnie du Midi doit en assurer le percement jusqu'au point culminant de son profil, quoique ce point se trouve au delà de la frontière.

La voie, de Bedous à la tête du souterrain de Somport, a une longueur de 24 km. 8. Sur un point de ce parcours, on a dû tracer un souterrain hélicoïdal afin de racheter la pente trop forte de la rivière. Ce souterrain aura une longueur de 1 590 mètres environ.

Les travaux du souterrain de Somport sont actuellement en cours et rapidement poussés, grâce à l'installation de perforatrices mécaniques, alimentées par une usine hydraulico-électrique d'une puissance de 800 chevaux.

Quant au souterrain hélicoïdal, les travaux vont être entrepris, dès que l'installation de l'usine électrique de 280 chevaux, qui doit fournir l'énergie nécessaire, sera terminée.

LIGNE DE CASTELNAU-MAGNOAC A TARBES. — Cette ligne, à voie de 1 mètre, sera naturellement à traction électrique, puisqu'elle se trouve enclavée dans le réseau à électrifier et que, d'autre part, les dépenses de premier établissement seront fortement réduites.

AVANTAGES QUE PRÉSENTE LA TRACTION ÉLECTRIQUE. — La raideur des pentes suffit pour justifier l'électrification des lignes transpyrénéennes, et il était rationnel de faire bénéficier les lignes voisines des installations électriques qu'il est nécessaire d'établir pour les premières.

La traction électrique présente, en outre, d'autres avantages qu'il est utile de signaler.

La comparaison entre la traction à vapeur et la traction électrique fait ressortir pour cette dernière les avantages suivants :

- 1° Service plus rapide et plus fréquent;
- 2° Augmentation de capacité des gares terminus sans augmentation du capital;
- 3° Dépenses d'exploitation réduites de 30 à 50 %;
- 4° Réduction de 20 % du matériel roulant et économie de 10 à 50 % sur les réparations de ce matériel;
- 5° Réduction de plus de moitié de l'espace nécessaire dans les gares terminus ou à proximité pour loger les locomotives à vapeur, les ateliers de réparation, les réserves de charbon, les châteaux d'eau et les plaques tournantes;
- 6° Écoulement plus facile du trafic, la locomotive électrique étant toujours prête à être mise en marche, tandis que la locomotive à vapeur nécessite, au préalable, sa mise sous pression, d'où dépenses appréciables de combustible et de main-d'œuvre;
- 7° Atténuation de l'usure rapide à laquelle sont exposés, sous l'action de la vapeur et des gaz que dégagent les locomotives à vapeur, les ponts métalliques, généralement nombreux, ainsi que les fermes métalliques des halles d'arrivée;
- 8° Économie de personnel pour la conduite du train, puisqu'un seul wattman peut suffire, ce qui entraîne la suppression du chauffeur.

La locomotive électrique présente, de son côté, certains avantages sur la locomotive à vapeur, avantages qui doivent être pris en considération. La locomotive à vapeur doit être nettoyée complètement et examinée avec soin dès qu'elle a parcouru 2 000 km.; la locomotive électrique peut parcourir deux fois cette distance en service continu, sans qu'il soit nécessaire de la soumettre à une vérification quelconque. Après un parcours de 60 000 km., la locomotive à vapeur doit subir des réparations sérieuses qui l'immobilisent pendant six à huit semaines, tandis que la locomotive électrique n'est immobilisée que pendant une quinzaine de jours, après avoir effectué un parcours de 400 000 km.

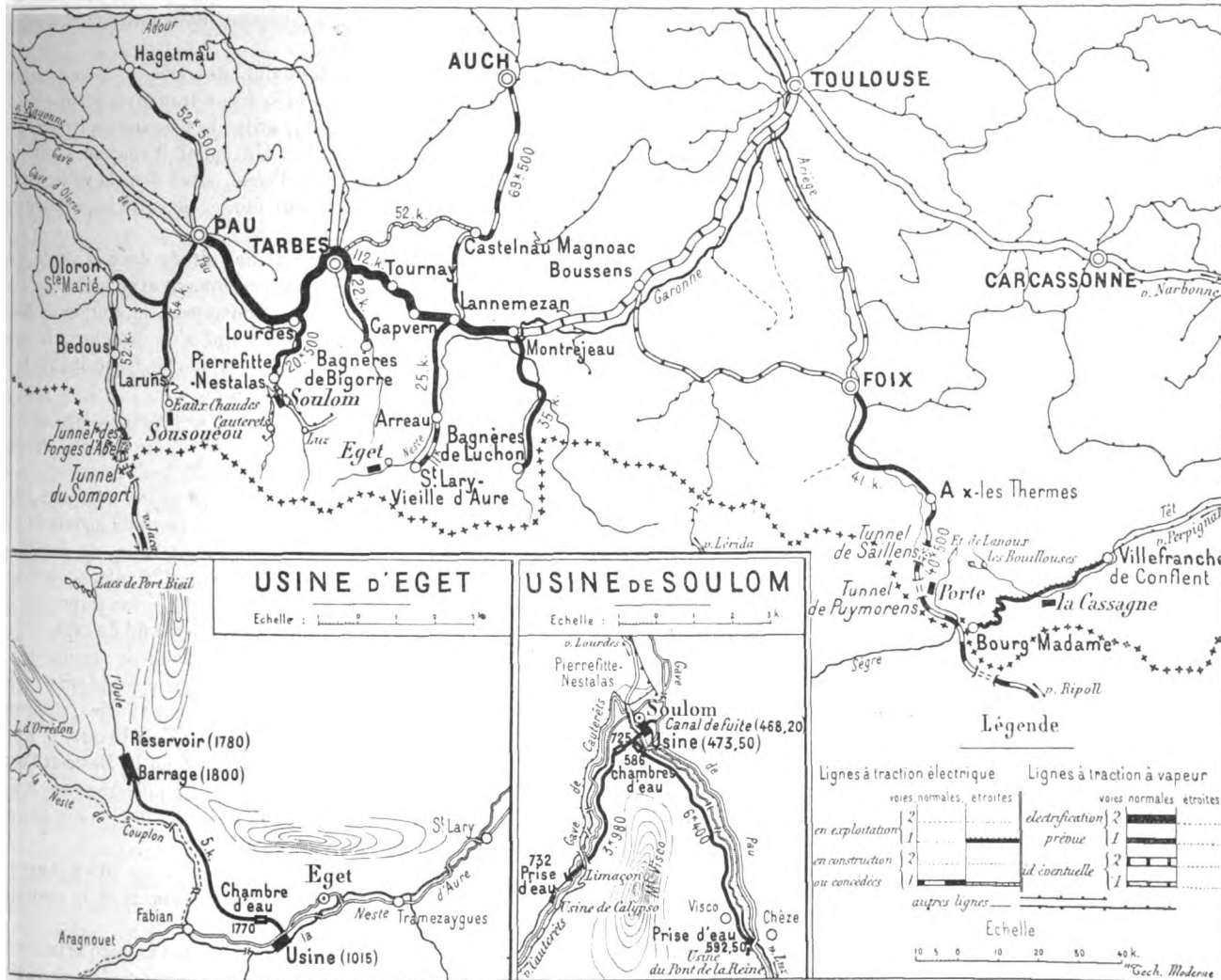
La substitution de la traction électrique à la traction à vapeur

peut actuellement être entreprise avec la certitude que les dépenses d'installation seront couvertes par les économies d'exploitation et d'entretien, tout au moins en ce qui concerne les réseaux desservant des régions à population dense. On pourrait objecter à cette manière de voir qu'il existe un matériel en service qu'il faudrait abandonner; mais on peut répondre à cela que la durée des locomotives à vapeur ne dépasse guère une vingtaine d'années et qu'elles auraient le temps d'être usées sur les lignes secondaires avant que la transformation fût complète.

Il convient toutefois de signaler qu'à côté des nombreux avan-

sous forme de courants alternatifs à haute tension. Ces courants à haute tension sont ensuite transformés, dans des sous-stations échelonnées le long de la ligne, soit en courant continu, soit en courants alternatifs à plus basse tension.

Lorsque la commande des voitures automotrices ou des locomotives s'effectue avec le courant continu, à la tension de 600 volts, les postes de transformation ne peuvent pas être espacés de plus de 16 à 22 km. et il faut utiliser des transformateurs tournants pour convertir le courant alternatif en courant continu, ce qui entraîne l'obligation d'avoir du personnel en



Carte des lignes à traction électrique et à traction à vapeur du réseau des chemins de fer de la Compagnie du Midi.

tages que présente la traction électrique, elle entraîne une dépense un peu plus élevée pour l'entretien des voies, notamment au voisinage des gares, par suite de l'accélération et du freinage plus rapide et aussi par suite de l'abaissement du centre de gravité des voitures motrices.

SYSTÈME D'ÉLECTRIFICATION. — La Compagnie du Midi a adopté, pour l'alimentation de ses lignes, le courant alternatif simple à la fréquence de quinze périodes par seconde.

Actuellement, on dispose de trois systèmes pour effectuer la commande électrique :

- 1° Le système à courant continu;
- 2° Le système à courant alternatif simple;
- 3° Le système à courants alternatifs triphasés.

La transmission électrique de l'énergie à grandes distances n'est pratique et économique qu'à la condition de la produire

permanence dans chaque sous-station. C'est le cas des 5 sous-stations de la ligne de Villefranche-de-Conflent à Bourg-Madame, qui a une longueur de 58 km.

Avec les courants alternatifs, les postes de transformation sont beaucoup moins nombreux et comme ils ne comportent que des transformateurs statiques, leur surveillance n'exige pas un personnel permanent.

Pour les grandes artères des chemins de fer, on ne peut employer qu'une ligne aérienne et il y a intérêt, au point de vue économique, à fournir directement à cette ligne le courant alternatif provenant des sous-stations. Ce système d'alimentation peut être réalisé avec les courants triphasés; mais, dans le but de simplifier les aiguillages, les croisements, etc., et aussi afin de pouvoir utiliser une ligne aérienne à simple fil, il est plus rationnel d'avoir recours au courant alternatif simple.

Cette solution est devenue réalisable depuis quelques années

seulement, grâce aux perfectionnements apportés aux moteurs monophasés à collecteur qui ont rendu ce système de traction tout à fait pratique et économique.

Le moteur monophasé à collecteur présente, sur le moteur triphasé, l'avantage d'offrir de plus grandes facilités pour le réglage de la vitesse; les démarrages se font sans à-coups et l'on évite les fortes surtensions qui se produisent lors de la mise en circuit des moteurs triphasés.

Les moteurs monophasés à collecteur exigent, pour fonctionner dans de bonnes conditions, une fréquence de courant très basse; c'est pour ce motif que la fréquence de quinze périodes a été adoptée. Elle permet d'éviter l'emploi de réducteurs de vitesse pour les moteurs à petit nombre de pôles et dont le rotor, calé sur l'essieu, actionne directement les roues par l'intermédiaire d'un joint double en parallélogramme.

C'est d'ailleurs la nécessité de réaliser un couple suffisamment énergique pour permettre le démarrage qui a poussé les inventeurs et les constructeurs, en ces dernières années, à examiner de très près le parti que l'on pouvait tirer du moteur à collecteur convenablement modifié et alimenté par du courant alternatif simple. Leurs recherches ont conduit à la construction industrielle d'une série de types de moteurs monophasés ayant un collecteur comme les moteurs à courant continu. Les difficultés qu'il a fallu surmonter étaient la grande impédance des moteurs à collecteur et la suppression des étincelles aux balais; ces inconvénients ont actuellement disparu.

Les usines génératrices, que la Compagnie du Midi fait installer, transmettront le courant à la tension de 55 000 volts à des postes de transformation où la tension sera réduite à 12 000 volts pour alimenter la ligne de trolley à suspension caténaire.

Conçue principalement en vue d'éviter les accidents de personne en cas de rupture du fil conducteur et en vue de réduire ces ruptures, en supprimant la fatigue aux points de suspension, la suspension caténaire a été reconnue d'une parfaite efficacité pour des tensions allant jusqu'à 15 000 volts.

Des transformateurs, installés sur les locomotives électriques ou sur les voitures automotrices, abaisseront encore la tension à la valeur de celle exigée par les moteurs.

Sur les embranchements, ainsi que pour les trains à parcours limité circulant sur la ligne de Toulouse à Bayonne, on utilisera des voitures automotrices équipées avec quatre moteurs monophasés, ayant chacun une puissance de 125 chevaux et alimentés à la tension de 285 volts avec du courant alternatif simple à quinze périodes.

Ces voitures, dont 30 ont été déjà commandées à la Société Westinghouse, auront un poids d'environ 56 tonnes. Chacune d'elles pourra transporter 50 voyageurs ainsi que des bagages et remorquer des voitures d'attelage en nombre suffisant pour former un train.

En ce qui concerne les grandes lignes, les voitures de voyageurs ainsi que les wagons de marchandises seront remorqués par des locomotives électriques comportant chacune deux moteurs de 600 chevaux. Leur poids sera de 80 tonnes, dont 54 tonnes de poids adhérent réparti sur trois essieux moteurs.

Le type de châssis de ces locomotives est déterminé; quant aux moteurs, leur type n'est pas encore définitivement arrêté. La Compagnie du Midi a ouvert un concours, auquel prennent part plusieurs maisons de construction, pour l'équipement électrique de ces locomotives; elle va procéder très prochainement à des essais sur une partie de la ligne de Perpignan à Villefranche-de-Conflent, et c'est d'après les résultats obtenus qu'elle prendra une décision relativement au type de locomotive à adopter.

PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE. — Pour alimenter d'énergie électrique son réseau pyrénéen, la Compagnie du Midi disposera d'un certain nombre d'usines hydraulico-électriques qui sont les suivantes :

1° Usine de la Cassagne. — Cette usine, établie sur la rivière de la Têt, alimente la ligne électrique de Villefranche-de-Conflent à Bourg-Madame. Sa puissance est de 5 000 chevaux.

Les génératrices produisent du courant continu à 800 volts pour alimenter la section de la ligne voisine de l'usine et des courants hexaphasés qui sont transmis aux sous-stations, échelonnées sur la ligne, où ils sont transformés en courant continu.

Afin de régulariser le débit de la Têt, on a transformé l'étang naturel des Bouillouses en un réservoir, au moyen d'un barrage de 300 mètres environ de longueur sur 15 mètres de hauteur; une prise d'eau alimente la chambre de mise en charge d'où partent les conduites forcées aboutissant à l'usine. La hauteur de chute est de 430 mètres.

2° Usine de Porte. — Cette usine, destinée à alimenter la section de Foix à Ax-les-Thermes et la ligne transpyrénéenne d'Aix-les-Thermes à Rippol (Espagne), utilisera les eaux du lac de Lanoux, le plus grand des Pyrénées. Un canal d'aménée conduira les eaux au-dessus du village de Porte, situé dans la vallée du Carol.

On procède actuellement aux études de cette importante installation.

3° Usine d'Eget. — Cette usine, située dans la vallée d'Aure, est destinée à alimenter, concurremment avec celles de Soulom et celle à établir sur le gave de Sousoueu, la section de Montréjeau à Pau, les embranchements qui s'en détachent, la ligne de Castelnau-Magnoac à Tarbes et la partie française de la ligne transpyrénéenne de Bedous à Jaca.

L'installation hydraulique, dont les travaux vont être commencés, présente des particularités intéressantes. On captera les eaux d'un bassin ayant environ 28 km² de superficie, situé entre les cotes 2 720 et 1 800 dans la vallée de l'Oule, affluent de la Neste-de-Couplan. Sur l'emplacement du marais de l'Oule, on va créer un lac artificiel, d'une contenance de 6 millions de mètres cubes, au moyen de barrage de 120 mètres de longueur et de 30 mètres de hauteur. Les eaux de ce lac seront amenées à une chambre de mise en charge de 3 000 m³ de capacité par un canal de 5 km. de longueur, tracé à flanc de montagne à une altitude d'environ 1 720 mètres. De la chambre de mise en charge partiront les conduites forcées aboutissant à l'usine, qui disposera d'une hauteur de chute de 750 mètres. (Voir la carte p. 7.)

L'usine sera construite sur le bord de la Neste-de-Couplan, un peu en dessous du village d'Eget. Sa puissance moyenne sera de 10 000 chevaux, pouvant atteindre 18 000 chevaux au moment des pointes.

4° Usine de Soulom. — Actuellement en cours d'exécution, cette usine utilisera dans le même bâtiment deux chutes d'eau différentes.

Comme on peut s'en rendre compte par l'examen de la carte (p. 7), la vallée du gave de Pau, que suit la ligne de Lourdes à Pierrefitte-Nestlas, se divise, près de cette dernière localité, en deux vallées, celle de Luz ou du gave de Pau, à l'est, et celle de Cauterets à l'ouest. Ces deux vallées sont séparées par un massif montagneux, celui du Viscos, se terminant au nord par le pic de même nom. Un chemin de fer d'intérêt local à voie de 1 mètre et à traction électrique dessert chacune de ces vallées; l'énergie électrique alimentant ces deux lignes est fournie respectivement par l'usine de Calypso dans la vallée de Cauterets et par celle du Pont-de-la-Reine dans la vallée de Luz.

La première des chutes d'eau qui doit alimenter l'usine de Soulom aura sa prise d'eau établie en aval du canal de fuite de l'usine du Pont-de-la-Reine, à la cote 592,50. De là, l'eau sera amenée à une chambre d'eau, située à la cote 586, au-dessus du village de Soulom, par un canal établi à flanc du massif de Viscos, sur la rive gauche du Gave et d'une longueur de 6 km. 400 environ. Le canal d'aménée est souterrain jusqu'à la chambre de mise en charge qui se trouvera à la surface du sol; il aura une section de 2 × 2 mètres et 6 déversoirs seront échelonnés sur son parcours, dont 3 de sectionnement. L'usine, située à la sortie

du village de Soulom dans la direction de Luz, recevra l'eau par trois conduites forcées et l'évacuera dans un canal de fuite qui sera établi à la cote 468,20, donnant ainsi une chute totale brute de 125 mètres. La prise d'eau est établie au moyen d'un barrage déversoir de 30 mètres de longueur, ancré dans le lit du gave par des rails battus comme pieux; sur la rive droite, il s'appuie au rocher qui supporte la route de Paris à Barèges et, sur la rive gauche, sur une pile qui le sépare des ouvrages de prise d'eau taillés dans le rocher.

L'étiage normal du gave de Pau, au Pont-de-la-Reine, est de 6 à 7 m³ par seconde et ne descend jamais au-dessous de 4 m³,500; lors des fortes crues annuelles, son débit atteint 120 m³ et même 200 m³ lorsqu'il se produit des crues exceptionnelles. Tous les ouvrages ont été calculés pour pouvoir évacuer cette quantité d'eau. La quantité d'eau maximum empruntée au gave de Pau sera 6 m³.

Le gave de Cauterets fournira la seconde chute d'eau; elle sera établie en amont du canal de fuite de l'usine de Calypso, au lieu dit le Limaçon, à la cote 732. Le barrage déversoir sera du même type que celui qui sera établi sur le gave de Pau.

Les ouvrages de la prise d'eau présentent des particularités intéressantes; le barrage étant établi en amont du canal de fuite de l'usine de Calypso, il a été nécessaire de traverser ce canal et de prendre ses eaux, déjà épurées, après avoir fait passer les eaux de la prise dans des chambres de décantation. Les difficultés du tracé et les différences de niveau de l'eau, dans le canal d'amenée et dans le canal de fuite, ont compliqué la solution du problème qui a été résolu de la manière suivante: après avoir reçu les eaux de l'usine de Calypso, le canal d'amenée, profitant d'un redan du canal de fuite, à l'amont de la jonction, passe en souterrain sous ce canal de fuite.

Le canal d'amenée se continue en souterrain jusqu'à la chambre d'eau qui sera établie à la cote 725. Il aura une section de 1 m²,50 sur 1 m²,75; établi sur la rive droite du gave et sur les flancs du massif du Viscos, il sera muni de deux déversoirs rejetant dans des ravins le surplus de l'eau.

De la chambre d'eau partiront trois conduites forcées aboutissant à l'usine et réalisant une chute brute de 264,50 environ.

Au lieu dit le Limaçon, le gave de Cauterets a un étiage normal de 3 m³, un débit minimum de 1 m³,600 et un débit maximum de 125 m³ lors des crues exceptionnelles.

Afin de pouvoir disposer d'une puissance suffisante dans l'usine de Soulom, il était nécessaire d'établir des réserves destinées à emmagasiner les eaux non utilisées pendant les périodes de faible charge. A cet effet, on a prévu sur le canal d'amenée une réserve d'environ 22 000 mètres cubes contenus par moitié dans un bassin établi dans le voisinage de la chambre d'eau,

d'une part, et dans un élargissement de la section du tunnel dans sa partie aval, d'autre part.

Le trop-plein de la chambre d'eau de Cauterets peut se déverser dans la chambre d'eau du gave de Pau au moyen d'une rigole mettant ces deux ouvrages en communication.

Six conduites forcées amènent l'eau à l'usine: les trois conduites qui partent de la chambre d'eau de Cauterets ont chacune 0 m²,800 de diamètre et celles de la chute du gave de Pau, également au nombre de trois, ont un diamètre de 1 m²,150. Ces conduites, en tôle d'acier doux soudé, passent sous la route nationale de Paris à Barèges et, en ce point, sont noyées dans un massif d'aufrage qui supporte directement la route.

Chaque conduite alimente un groupe générateur de 3 500 chevaux, soit au total 21 500 chevaux, dont 18 000 sont nécessaires pour assurer le service normal; on disposera donc comme réserve d'une unité de 3 500 chevaux. Les excitatrices, au nombre de quatre, d'une puissance de 360 chevaux chacune, ont leurs turbines alimentées par des branchements établis respectivement sur les conduites des deux chutes.

Le sol du bâtiment de la salle des machines est à la cote 473,50 et le niveau de l'eau dans le canal de fuite est à la cote 468,20. Un ancien bras du gave de Pau a été utilisé pour établir le canal de fuite.

Les bâtiments de l'usine étant situés légèrement en contre-bas du niveau des crues du gave sont protégés par un mur de défense de 170 mètres de longueur. La salle des machines a 64 mètres de longueur sur 15,50 de largeur; elle est flanquée d'un bâtiment, destiné à recevoir les installations à haute tension, qui a une longueur de 29 mètres et une largeur de 8 m²,75. La ligne à haute tension partira du sommet de deux tours de 5 m²,50 de côté et de 20 mètres de hauteur.

5° *Usine de Sousoueu.* — Cette usine, qui sera alimentée par les eaux du gave de Sousoueu, sera installée en amont de la station thermique des Eaux-Chaudes. Les études sont actuellement en cours. Il est probable que le lac d'Arbouse, situé dans le haut de la vallée, sera aménagé pour servir de régulateur.

L'ensemble des travaux entrepris par la Compagnie du Midi, de concert avec l'Etat, pour l'électrification du réseau pyrénéen, s'applique à 507 km. 5 de voies. C'est l'entreprise la plus importante faite à ce jour en Europe en matière de traction électrique appliquée aux grandes lignes de chemin de fer.

Il est évident que, pour arriver à une exploitation rationnelle par la traction électrique, la Compagnie du Midi sera amenée plus tard à électrifier les lignes de Toulouse à Montréjeau, de Toulouse à Foix et de Foix à Boussens (*).

J.-A. MONTPELLIER,
Ingénieur-Electricien.

TÉLÉPHONIE

LES NOUVEAUX SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES AUTOMATIQUES

L'exposition d'appareils téléphoniques automatiques, qui s'est tenue au Grand-Palais du 4 au 18 septembre dernier, est passée presque inaperçue du grand public. Seuls, quelques initiés ou quelques abonnés séduits par la promesse incluse dans le titre et désireux de voir s'il est réellement possible de supprimer l'obstacle intermédiaire, de se servir soi-même, sont venus payer aux appareils le tribut d'admiration qu'ils méritaient.

Six systèmes différents étaient exposés :

1° Le système automatique Lorimer;

2° Le système automatique Berliner (brevets Dietl);

3° Le système automatique Deutsche Telephonwerke;

4° Le système automatique Thomson-Houston (brevets de l'Automatic Electric Co.);

(1) Nous tenons à remercier tout particulièrement M. Bonnet, ingénieur en chef de la voie des Chemins de fer du Midi, qui a bien voulu mettre très gracieusement à notre disposition les documents qui nous ont permis de rédiger la présente étude.

5° Le système automatique Betulander (suédois);

6° Le système Steidle.

Les cinq premiers réalisent par des procédés différents le même but : chaque abonné peut se donner lui-même, en effectuant quelques manœuvres de son poste, la communication avec un abonné quelconque relié au même réseau. Le sixième, au contraire, répond à un besoin tout différent que nous examinerons plus loin.

Ces cinq types de commutateurs automatiques peuvent se ramener à deux types originaux : le type Lorimer et le type Strowger, auquel ressortissent les appareils 2, 3, 4 et 5. Nous allons les examiner succinctement.

Dans le type Strowger, le plus ancien en date, — le premier brevet Strowger fut pris aux Etats-Unis en 1891, — chaque abonné dispose, sur son poste (fig. 1), d'un disque percé de dix



FIG. 1. — Poste d'abonné. Dernier modèle de l'Automatic Electric Co.

trous correspondant aux dix chiffres 1, 2, ... 9, 0; lorsqu'on enfonce le doigt dans l'un d'eux, le trou 7 par exemple, qu'on fait tourner le disque jusqu'à ce que le doigt rencontre un arrêt et qu'on laisse ensuite le disque revenir en arrière sous l'action d'un ressort, l'un des fils de la ligne qui le réunit au bureau central est mis sept fois à la terre, puis l'autre fil, quel que soit le chiffre transmis, y est mis une fois; lorsque l'abonné décroche, son propre poste (transmetteur et récepteur) est mis en ligne; lorsqu'il raccroche, les deux fils sont mis simultanément à la terre pendant un temps très court, puis la sonnerie vient se substituer aux appareils de conversation.

Ceci posé, voyons ce qui se passe au bureau central, ou plutôt ce qui se passait dans le premier type Strowger (fig. 2) :

Chaque ligne d'abonné aboutit à un appareil appelé sélecteur, composé d'un arbre vertical pouvant prendre deux mouvements, l'un de translation suivant son axe, l'autre de rotation et portant trois frotteurs qui, pendant le mouvement de rotation, viennent frotter sur trois couronnes demi-circulaires horizontales comportant chacune dix plots. Ces couronnes sont au nombre de trois séries de dix superposées; dans un mouvement d'ascension, l'arbre peut prendre dix positions différentes, de façon que chaque frotteur puisse parcourir les dix couronnes de sa série.

Le mouvement de rotation est commandé par un électro-aimant dit rotatif, le mouvement d'ascension par un autre électro dit vertical. A chaque plot des couronnes aboutit un fil, ce fil étant multiplié, c'est-à-dire aboutissant également au plot symétriquement placé d'un certain nombre d'appareils d'autres abonnés du même bureau. Les frotteurs de chaque sélecteur pourront donc prendre la communication avec cent lignes à trois fils, ces cent lignes étant d'ailleurs les mêmes pour toute une section d'abonnés. Deux des trois frotteurs sont reliés aux deux fils de la ligne d'abonné, le troisième servant simplement à marquer la ligne « occupée », c'est-à-dire à mettre le troisième fil à la terre pendant la conversation.

Voici maintenant comment fonctionne l'appareil : lorsque l'abonné veut appeler le numéro 7326, par exemple, il commence par manœuvrer le disque par le trou 7; ce faisant, il met son premier fil de ligne sept fois à la terre, l'électro-aimant vertical commandé par ce premier fil est actionné sept fois, l'arbre du sélecteur monte de sept crans, les trois frotteurs viennent chacun en regard de la septième couronne de sa série; puis immédiatement après, le deuxième fil est mis à la terre, ce qui actionne l'électro-rotatif; les frotteurs tournent et viennent se mettre sur le premier plot; si le troisième fil de la ligne correspondante n'est pas à la terre, ils s'y arrêtent; si au contraire il l'est, c'est-à-dire si la

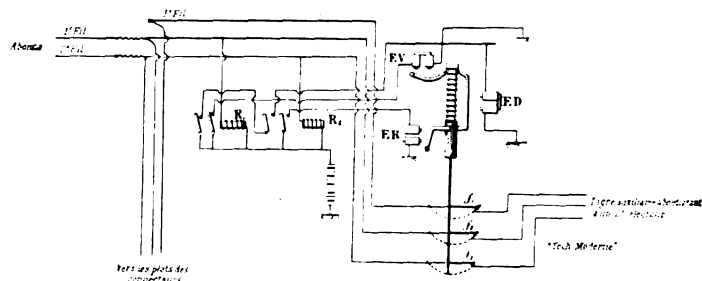


FIG. 2. — Figure schématique permettant de se rendre compte du fonctionnement d'un premier sélecteur.

ligne est occupée par un autre sélecteur, ils passent sur le plot suivant, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'ils aient trouvé une ligne libre, à laquelle ils s'arrêtent et dont ils mettent le troisième fil à la terre, pour qu'elle soit marquée occupée pour les autres sélecteurs. Voilà donc les deux fils de la ligne d'abonné en relation avec deux fils d'une des dix lignes auxiliaires de la septième rangée. Ces lignes auxiliaires aboutissent à d'autres sélecteurs en tout semblables aux premiers branchés sur les lignes d'abonnés; mais alors que ceux-ci avaient pour mission de choisir le millier auquel appartenait l'abonné demandé, les seconds doivent choisir la centaine. Le second sélecteur placé au bout de la ligne auxiliaire recevra les impulsions envoyées par l'abonné transmettant le second chiffre, 3 dans l'exemple choisi, et ses balais choisiront comme ci-dessus une ligne auxiliaire libre de la troisième rangée. Cette ligne auxiliaire aboutit cette fois à un connecteur, toujours semblable au sélecteur, mais portant multipliées sur ses cent tierces de plots, au lieu de lignes auxiliaires, les lignes des abonnés 7300 à 7399. Lorsque le demandeur transmettra le troisième chiffre 2, l'électro vertical sera actionné deux fois, et les balais viendront se mettre en regard des secondes couronnes; puis la mise à la terre du deuxième fil dans le poste d'abonné après le troisième chiffre, substituera à l'électro vertical l'électro rotatif qui recevra la dernière série d'impulsions correspondant au chiffre 6; l'arbre tournera de six crans, et les frotteurs viendront s'arrêter sur le sixième plot de la deuxième couronne, correspondant à l'abonné 7326. Si cet abonné est libre, c'est-à-dire si son troisième fil n'est pas à la terre, la communication est établie entre les deux lignes et le demandeur peut sonner le demandé; si au contraire le troisième fil du 7326 est à la terre, c'est qu'il est pris par un autre connecteur, la communication ne

peut être établie, et l'abonné demandeur entend dans son récepteur un bruit caractéristique lui indiquant « ligne pas libre ». Lorsque l'abonné demandeur raccroche, ses deux fils sont mis à la terre simultanément, ce qui actionne un électro spécial, dit de déconnection, qui fait revenir les sélecteurs et le connecteur employés à la position de repos.

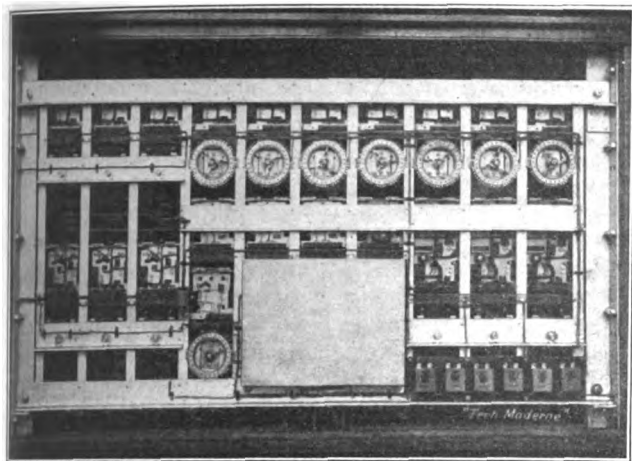


FIG. 3. — Installation du système Berliner au Grand Palais. Bâti de présélecteurs (à droite et en haut) et de sélecteurs (à gauche).

Les différents perfectionnements apportés à ce système ont été (je ne citerai que les principaux) :

Dans les quatre types exposés : 1° l'adjonction entre la ligne d'abonné et le premier sélecteur, d'un organe appelé présélecteur (fig. 3), beaucoup moins coûteux et moins encombrant que le premier sélecteur, et qui permet d'économiser le nombre de ceux-ci, en aiguillant automatiquement l'abonné appelant vers un premier sélecteur libre; on ne met plus, par exemple, que 10 premiers sélecteurs à la disposition de 100 abonnés; 2° l'adaptation à la batterie centrale (suppression des piles chez les abonnés) et l'appel automatique du demandé;

Dans le type 4 (Automatic Electric Co.), la suppression de la terre dans le poste d'abonné et la grande simplification de celui-ci;

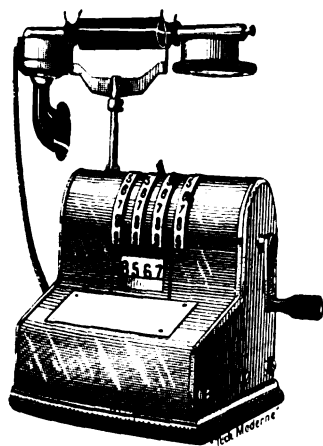


FIG. 4. — Poste d'abonné (système Berliner).

Dans le type 2 (système Dietl), l'adjonction au poste d'abonné d'un système combinatoire, permettant à son possesseur de composer à l'avance le numéro demandé, qui apparaît alors tout fait sous ses yeux, et de n'avoir plus qu'à remonter un ressort, la transmission s'effectuant ensuite automatiquement, ce qui diminue les risques d'erreur (fig. 4).

Le type Lorimer, au contraire, repose sur un principe tout différent qu'il serait trop long d'exposer ici,

même succinctement. Disons seulement qu'au lieu d'une ligne d'abonné terminée par un appareil cherchant une ligne auxiliaire libre, nous avons ici au bureau central un appareil (par 100 abonnés) en mouvement constant, cherchant la ligne appelante et la mettant en relation avec une série libre d'organes commutateurs qui achèvent la mise en communication. On a souvent comparé l'organe tournant à la téléphoniste, qui, lors-

qu'elle voit une ligne appelante, la met en relation avec une paire de cordons et, le cas échéant, avec une ligne auxiliaire libre aboutissant à l'abonné demandé (fig. 5).

Le système Steidle a pour but de permettre à un certain nombre d'abonnés voisins, mais distants du centre du réseau, ou désirant payer un tarif réduit, d'être desservis par un nombre de lignes aboutissant au bureau central bien inférieur à leur propre nombre. Par exemple, 20 abonnés seront reliés à une petite station automatique placée au milieu d'eux et qui sera reliée au bureau central par deux lignes seulement. Lorsqu'un abonné voudra communiquer, il appuiera sur un bouton pour savoir s'il y a une ligne libre; si oui, sa sonnerie retentira, et en décrochant son récepteur, son poste la prendra automatiquement et son appel parviendra au bureau central; sinon, il laissera son bouton enfoncé jusqu'à ce que sa sonnerie retentisse, lui indiquant qu'une des lignes est libre et qu'il peut appeler. Inversement, lorsqu'on voudra causer à l'un de ces abonnés, le 13 par exemple, il faudra le demander à la téléphoniste du bureau central; celle-ci prendra une des deux lignes auxiliaires (si elle en trouve une libre), et y enverra un certain nombre d'impulsions

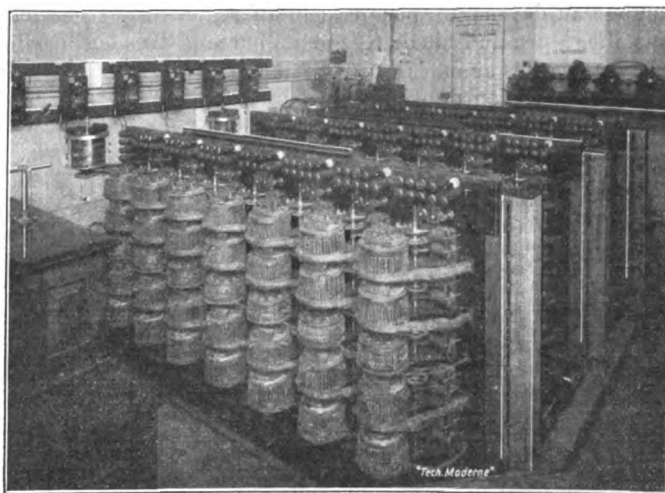


FIG. 5. — Installation Lorimer à Lyon.

(au moyen d'un dispositif automatique) qui feront mouvoir, à la station automatique, l'appareil sélecteur relié à la ligne prise jusqu'à ce qu'il l'ait mise en relation avec l'abonné 13 du groupe.

D'après l'exposé qui précède, si succinct soit-il, on peut se rendre compte de la complexité des opérations mécaniques à effectuer, de la souplesse et de la sécurité de fonctionnement qu'il faut exiger de ces appareils commutateurs. Sous les yeux des visiteurs, ils ont fonctionné d'une manière tout à fait satisfaisante, malgré la rapidité avec laquelle on avait dû procéder à leur montage. En serait-il de même en service courant sur un grand réseau, et la réalisation de ces dispositifs ingénieux a-t-elle une autre portée qu'une expérience de laboratoire? Les faits peuvent donner à ces questions des réponses précises.

Le système de l'Automatic Electric Co (type 4) a été installé dans l'Amérique du Nord sur plus de 100 réseaux, dont les plus anciens remontent à neuf ou dix ans. Les plus importants actuellement en exercice sont ceux de Los Angeles (Californie), 33 000 abonnés; San Francisco (Californie), 15 000 abonnés; Columbus (Ohio), 13 000 abonnés; Portland (Orégon), 11 000 abonnés, etc. Dans tous ces réseaux, le système fonctionne à l'entière satisfaction de sa clientèle, et le nombre des dérangements n'est guère plus élevé que dans les appareils du type manuel.

Le système autrichien (type n° 2) est actuellement installé à

Gratz (Autriche) pour 1 200 abonnés, et en cours d'installation à Cracovie.

Le système Lorimer (type n° 1) est actuellement installé à Brantford, Peterborough, etc. (Canada), dans des réseaux de 600 à 800 abonnés; une installation d'essai a été réalisée à Lyon pour 250 abonnés, et donne de bons résultats.

Le système Betulander (type n° 5) a été appliqué avec succès dans nombre de petits réseaux de Suède par le gouvernement de ce pays.

Enfin, le système Steidle est en usage en Bavière pour le raccordement des abonnés ruraux.

Comme on le voit, les systèmes automatiques sont entrés depuis longtemps déjà dans le domaine des réalités, et y progressent chaque jour, grâce aux perfectionnements incessants qu'y apportent les inventeurs. Ses avantages sont : 1° la suppression complète du personnel opérateur des bureaux centraux — il ne reste plus que les téléphonistes chargées d'assurer les communications interurbaines et le service des renseignements — ce qui permettra d'adopter des tarifs moins élevés; 2° la souplesse plus grande dans l'établissement d'un réseau, la capacité d'un bureau devenant à peu près indifférente, ce qui permettra d'installer à peu de frais de très petits bureaux dans les quartiers où la densité des abonnés est très faible. Les inconvénients sont, outre la proportion de dérangements encore un peu plus élevée

que dans les systèmes manuels les plus perfectionnés, mais qui ne peut que diminuer avec les progrès mécaniques que chaque jour apporte, l'obligation pour l'abonné de devoir effectuer lui-même de son poste les manœuvres mécaniques nécessaires à la mise en communication. Si simples que soient ces manœuvres, il en résulte une gêne et un risque d'erreur plus grands que si l'abonné surtout s'il est inexpérimenté, a simplement à décrocher son récepteur et à énoncer le numéro désiré. Certains ingénieurs dont l'autorité en matière téléphonique est indiscutable, ont même estimé que cette considération devait primer toutes les autres, et qu'il fallait toujours adopter le système demandant à l'abonné le minimum d'effort, c'est-à-dire la transmission à la voix. Mais les commutateurs automatiques n'en sont pas moins très utiles dans ce cas, car ils permettent de ne plus faire appel qu'à une seule opératrice, même si le demandeur et le demandé appartiennent à des bureaux différents, et d'améliorer beaucoup son rendement.

Quoi qu'il en soit, tous les spécialistes sont actuellement d'accord pour affirmer que l'avenir des systèmes automatiques est riche de promesses, et que leur diffusion donnera à la téléphonie un essor plus remarquable encore que celui qu'elle devait aux perfectionnements antérieurs.

H. MILON,

*Ancien Élève de l'École Polytechnique,
Ingénieur des Télégraphes.*

TRAVAUX PUBLICS

NOTE SUR L'EXPLOITATION DES CARRIÈRES DE DIORITE DE LA MEILLERAIE PRÈS POUZAUGES (VENDEE)

Les carrières de la Meilleraie, près Pouzauges, ont été ouvertes à l'exploitation en août 1909; les travaux d'installation avaient commencé un an environ avant cette date.

Le banc exploité est constitué par une diorite à teinte verdâtre, d'un bel effet, à grains très fins, et présentant toutes les qualités exigées, à l'heure actuelle, pour les bons matériaux d'empierrement.

La bonne pierre est rare en Vendée, et les carrières qui ont été jusqu'ici exploitées dans le département étaient loin de fournir des matériaux d'une qualité suffisante pour donner satisfaction aux services de la voirie. La découverte du banc précité put donc être considérée comme une bonne aubaine et c'est cette circonstance qui a été la cause déterminante de sa mise en exploitation. La qualité exceptionnelle des matériaux qu'ils comptaient y trouver donna aux exploitants l'espoir d'en faire adopter l'emploi tant comme matériaux d'empierrement que comme ballast, non seulement en Vendée, mais encore dans des départements éloignés. Dans ces conditions, ils n'hésitèrent pas à établir leur entreprise de façon très moderne. Ils ont fait une installation des plus remarquables dont la description nous a paru de nature à pouvoir intéresser le lecteur. A l'appui de notre étude, nous donnons d'ailleurs quelques vues photographiques et quelques reproductions de dessins qui faciliteront la compréhension des dispositions décrites.

Une exploitation de pierre cassée pour l'empierrement des routes et le ballastage des voies de chemins de fer comprend des opérations très nombreuses et variées, mais qu'on peut ramener à deux catégories principales : 1° la préparation de la pierre

en carrière; 2° la mise en œuvre de la pierre ainsi préparée.

Nous allons étudier en détail ces deux catégories, en décrivant successivement les diverses opérations que chacune d'elles comporte.

1. — Préparation de la pierre en carrière.

Cette préparation comprend comme opérations essentielles : le découvert, l'extraction, le débitage et le triage.

DÉCOUVERT. — Dans toute carrière en général, le banc exploitable est recouvert d'une couche de terre et de pierre de qualité inférieure, dont il s'agit de se débarrasser pour mettre à découvert ce banc exploitable; c'est cette opération qui s'appelle le découvert.

Aux carrières de la Meilleraie, où la partie terreuse ne règne guère que sur un mètre d'épaisseur au maximum, quelquefois beaucoup moins, cette terre est évacuée par voie Decauville dans des dépôts appropriés.

Sous cette couche terreuse, se rencontre une épaisseur, variant de 1 à 2 mètres, de pierre de nature dioritique qui, tout en étant d'assez bonne qualité, ne pourrait arriver à constituer des chaussées vraiment résistantes. Cette pierre est destinée au ballastage des chemins de fer, lequel s'accommode de matériaux moins recherchés. Elle est extraite soit à la pioche, soit à la pince, soit par les mêmes procédés que ceux qui seront décrits plus loin, puis transportée en dépôt par voie Decauville. De ce dépôt, elle est reprise pour être concassée mécaniquement et expédiée aux lieux d'utilisation (fig. 1).

Sous la couche qui fournit le ballast, se trouve un banc de diorite réservé pour la confection du macadam. Son épaisseur est d'environ 5 à 6 mètres pour arriver jusqu'au fond actuel de la carrière, lequel a été déterminé, à l'origine, de façon que les matériaux en soient conduits facilement, par voie ferrée, aux appareils de concassage. Mais on se propose, dans un avenir



FIG. 1. — Vue générale de la carrière.

probablement prochain, d'exploiter les couches inférieures de la carrière, lesquelles seront certainement toutes constituées par de la pierre de première qualité.

EXTRACTION. — L'extraction de la pierre destinée au macadam ne peut se faire, bien entendu, qu'à la mine. Etant donnée la dureté exceptionnelle du banc, il ne fallait pas songer à la perforation à la main des trous de mine. D'expériences qui ont été faites au début, il est résulté que deux mineurs perforant à la main à l'aide du burin et de la masse (cette masse, ou gros marteau, pèse de 9 à 10 kg.) ne pouvaient faire que 40 centimètres de trou en cinq heures. Au delà de cette profondeur, le trou dut d'ailleurs être abandonné ; l'avancement était devenu insignifiant.

Aujourd'hui, la perforation se fait uniquement à l'air comprimé, à l'aide d'un outillage très perfectionné, comprenant une perforatrice et deux marteaux perforateurs, dont l'un à rotation automatique.

L'air est fourni à ces appareils par un compresseur dont on trouve la description plus loin. Il est placé à l'usine, et donne au départ une pression de 7 kg. par centimètre carré. La canalisation d'air, en tuyaux en fer de 45 mm. de diamètre intérieur, a 200 mètres environ de longueur. La perforatrice est montée sur trépied articulé permettant de faire des trous dont la direction peut être quelconque entre la verticale, dirigée de haut en bas, et l'horizontale. Son poids, y compris le trépied et les poids lestés, est de 500 kg. en chiffres ronds. Son cylindre a 90 mm. de diamètre et 178 mm. de course. Elle peut creuser des trous dont le diamètre varie de 90 à 45 mm., et dont la profondeur peut atteindre 6 mètres. Le nombre de coups qu'elle donne, par minute, sous une pression de 5 kg., est de 300, et la force approximative de chaque frappe sur la roche est de 350 kg.

Malgré la puissance de cet appareil, la perforation des trous, rapide vers les parties hautes, réservées au ballast, devient relativement lente dans les parties inférieures ; il n'est pas rare de mettre une journée complète pour faire un trou de 5 à 6 mètres de profondeur, y compris le temps perdu pour la mise en place de l'appareil et le remplacement des fleurets. Etant donné que l'on peut arriver couramment, dans du granit dur, avec un forage de haut en bas, à un rendement moyen, pour dix heures de travail,

de 23 mètres de longueur de trou perforé, on peut juger par là de la dureté tout à fait exceptionnelle de la diorite exploitée.

La perforatrice n'est utilisée que pour les trous profonds et dans les parties dures. Dans les parties plus tendres ou nécessitant des profondeurs moins considérables, on utilise le marteau à rotation automatique. Cet appareil est ainsi désigné parce que, au contraire de la perforatrice dont le fleuret est à chaque coup ramené en arrière par l'outil lui-même en même temps qu'il est animé d'un mouvement de rotation, le fleuret reste dans le trou et reçoit sur son extrémité le choc du piston qui agit à la façon d'un marteau. L'appareil est, toutefois, disposé de façon que le fleuret reçoive un mouvement de rotation ; d'où la dénomination de marteau à rotation automatique qui lui a été donnée.

Il est beaucoup moins puissant que la perforatrice ; son poids, notamment, n'est que de 15 kg. Mais il est, par suite, plus maniable, et se tient à la main sans aucun support. Sa mise en place immédiate et sa grande facilité de manutention permettent de faire, dans la même journée, un plus grand nombre de trous. La profondeur de ces trous est variable suivant la dureté de la roche ; elle atteint, à la Meilleraie, jusqu'à 3^m,50 dans les parties demi-dures.

Le marteau à rotation automatique présente cette particularité que, sur toute la longueur des fleurets, règne un trou central par lequel se fait l'échappement de l'air comprimé. Cet air produit le nettoyage du trou, ainsi que le refroidissement du fleuret, sans qu'il soit besoin d'introduire de l'eau dans les trous de mine, comme cela est indispensable pour la perforatrice.

Le deuxième marteau est plus simple et plus léger que le précédent. Il sert surtout au débitage de la pierre, c'est-à-dire à la réduction en blocs plus petits des gros blocs détachés par les grands coups de mine. En terme de mineur, il sert surtout à faire des « pétards ». Son poids est de 9 kg., et la longueur des trous perforés varie de 50 cm. à 1^m,20. Comme pour le marteau précédent, l'échappement de l'air comprimé se fait par le fleuret, mais au lieu d'être animé d'un mouvement automatique de rotation, c'est le mineur lui-même qui imprime ce mouvement à l'appareil.

Les explosifs employés sont la cheddite pour les petits coups et la dynamite pour les grands coups de mine.

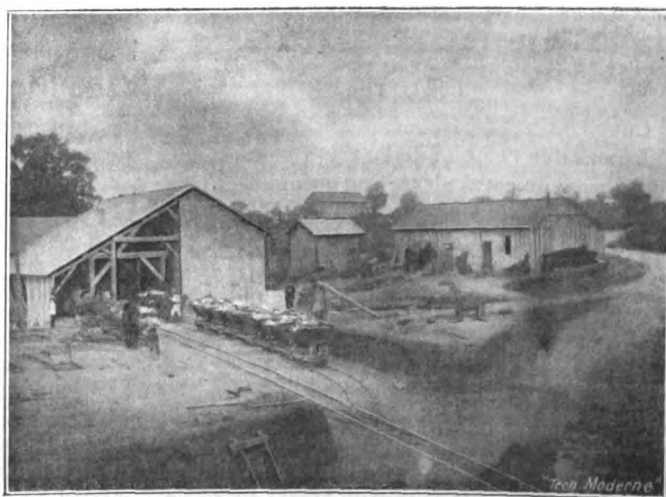


FIG. 2. — Vue générale des bâtiments.

Les petits coups ne présentent rien de particulier et se font comme en temps ordinaire.

En ce qui concerne les grands coups, ils sont d'abord « pochés », comme disent les mineurs, c'est-à-dire que, par l'explosion préalable de cartouches de dynamite amenées jusqu'au fond du trou, et sans aucun bourrage, on y provoque une sorte

de chambre, ou poche, qui sera destinée ensuite à recevoir la charge définitive. L'importance de celle-ci dépend de la profondeur du trou et du poids de la masse rocheuse à détacher. Il n'est pas rare de voir, à la Meilleraie, introduire, dans un même trou de mine, jusqu'à 30 kg. de dynamite, qui arrivent à jeter bas 1.000 m³ de pierre.

DÉBITAGE. — Les coups de mine dont nous venons de parler, effectués soit à la perforatrice, soit au marteau rotatif, ne détachent la roche qu'en gros blocs qu'il s'agit de réduire en éléments assez petits pour être reçus par le concasseur, c'est-à-dire à la grosseur de moellons ordinaires. Cette opération s'appelle le « débitage » et est faite par les « débiteurs ». Le « débiteur » utilise, comme outil, une masse qui pèse environ 10 kg.; mais, étant donnée la dureté de la pierre extraite, cet outil ne peut servir à briser que des pierres réduites déjà à un volume relativement faible. On arrive à ce résultat au moyen du petit marteau, dont nous avons parlé plus haut, et avec lequel on effectue, dans les gros blocs, des trous d'une profondeur variant en général de 30 cm. à 1 mètre, que l'on fait éclater au moyen de « pétards », c'est-à-dire avec une charge de dynamite de une, deux ou trois cartouches seulement. C'est après l'explosion des « pétards » que le débiteur peut remplir efficacement son rôle, et transformer la pierre en moellons.

TRIAGE. — Parmi la pierre qu'il « débite », le « débiteur » doit faire une sélection. Il met en tas, et à part, la pierre de bonne qualité, susceptible de faire du macadam, laquelle sera reprise par les chargeurs, mise en wagonnets, puis conduite au concasseur.

Il met également à part la pierre de qualité inférieure, susceptible de faire du ballast, celle-ci sera également reprise et conduite au dépôt de la pierre à ballast.

Enfin, il met de côté tous les débris, déchets, terre, etc., non utilisables, qui ensuite seront évacués vers les lieux réservés à cet effet.

II. — Mise en œuvre de la pierre préparée en carrière.

Cette mise en œuvre comprend :

- 1° Le concassage;
- 2° Le criblage;
- 3° La charge en wagons du macadam, ou sa mise en dépôt, ainsi que celle des sous-produits.

CONCASSAGE. — De même que la dureté de la pierre a rendu indispensable l'emploi de la perforation mécanique, de même le concassage de cette pierre n'a pu être envisagé comme ne pouvant s'effectuer qu'au moyen de machines appropriées (fig. 2 et 3).

Les essais de concassage à la main qui ont été faits ont abouti à cette conclusion, qu'un concasseur ne pouvait arriver à débiter qu'un mètre cube dans sa journée, ce qui ramène le prix du concassage de ce mètre cube à 4 ou 5 francs.

Nous allons donner la description, non seulement du concasseur, mais aussi de toutes les machines qui sont nécessaires pour les opérations accessoires du concassage.

Usine. — Toutes les machines sont actionnées par un moteur à gaz pauvre de 100 HP., muni d'un régulateur de précision à « admission variable », et d'un volant lourd de 3 mètres de diamètre, et pesant environ 5 000 kg. Le cylindre a 450 mm. d'alésage et 600 mm. de longueur de course.

Le gazogène est du type dit à aspiration; il a été installé dans une petite annexe adossée à l'usine et à proximité du moteur (fig. 4). Le gaz subit une épuration complète en passant dans un laveur à coke et un laveur à fibre de bois. Le combustible employé est de l'antracite de bonne qualité. La consommation par cheval-heure ne dépasse pas, en marche normale, 500 grammes.

Ce moteur actionne, au moyen d'un système de poulies, une transmission générale sur laquelle sont calées les poulies de commande du concasseur, du compresseur, et d'une dynamo à courant continu. Le moteur tourne à 190 tours, et la transmission à 280.

Le compresseur est commandé par courroie au moyen d'un embrayage à friction monté sur la transmission. Il est hori-

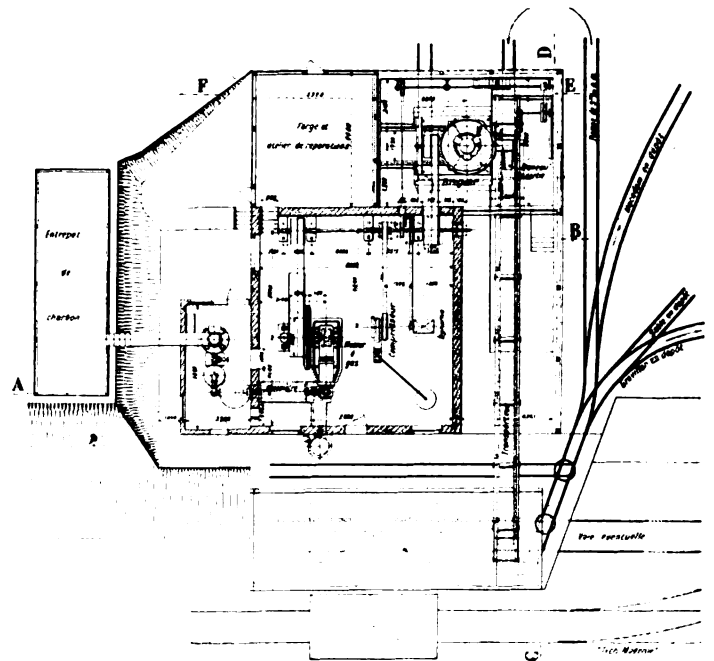


FIG. 3. — Plan général des bâtiments.

zontal; le cylindre à air est entièrement entouré d'eau destinée à assurer la réfrigération pendant la compression. Toutes les pièces en mouvement sont enfermées dans un carter étanche les mettant à l'abri de la poussière, précaution importante pour ce genre d'exploitation. L'appareil est muni d'un régulateur automatique de pression d'air; sa vitesse est de 180 tours; il aspire, à la minute, un volume de 4 450 litres d'air, qu'il comprime à 7 kg. par centimètre carré, en absorbant une puissance maximum de 30 HP. 1/2. Ce compresseur suffit largement au fonctionnement simultané de la perforatrice et des deux marteaux dont nous avons parlé.

À côté du compresseur, se trouve une dynamo actionnée aussi par courroie, d'une puissance de 17 kw. 1/2 environ, et qui

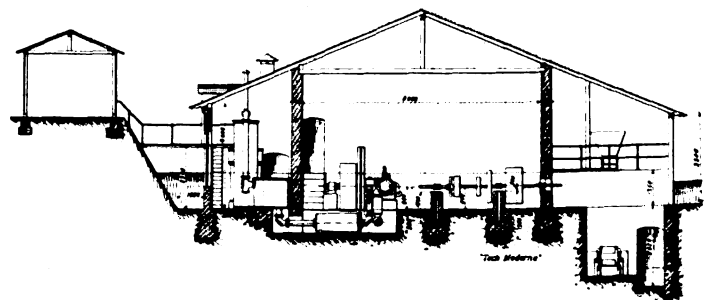


FIG. 4. — Coupe suivant AB du plan fig. 3.

fournit du courant continu à la tension de 220 volts. Ce courant, outre l'éclairage de l'usine et accessoires, assure le fonctionnement d'appareils divers que nous décrirons ci-après.

Un tableau de distribution est placé à proximité de la dynamo et comporte tous les organes nécessaires aux divers appareils.

Concasseur. — Le concasseur, commandé par courroie (au moyen d'une poulie folle, et d'une poulie fixe), est situé dans un bâtiment

annexé à l'usine. Cet appareil, d'un type spécial et tout particulier, est conçu de façon à remédier à la plupart des défauts des concasseurs généralement rencontrés en France (fig. 5).

En particulier, les concasseurs ordinaires à mâchoires ont une tendance à casser la pierre en long, ce qui constitue un défaut grave pour la pierre à macadam.

On remédie assez incomplètement à ces inconvénients en

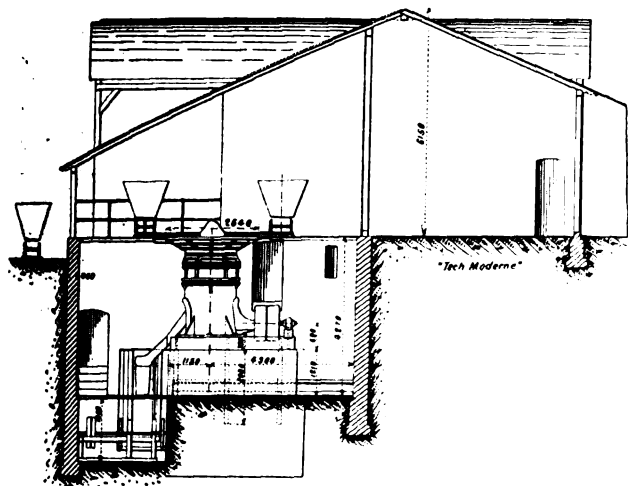


FIG. 5. — Coupe suivant EF du plan (fig. 3).

étageant deux de ces appareils, le premier servant de « dégrossisseur » et le second de « finisseur ». Les moellons versés dans le premier, dont les mâchoires sont maintenues assez écartées, sont dégrossis, puis parviennent dans l'autre dont les mâchoires, convenablement serrées, les réduisent à la grosseur demandée ; quelquefois, même, on donne aux dents des mâchoires une disposition particulière tendant à diminuer le plus possible la proportion des pierres longues.

Malgré ces précautions, le cassage reste encore imparfait. En outre, ce genre d'installation est d'un prix élevé, et a le défaut de la complication.

Le concasseur employé à la Meilleraie arrive à lui tout seul à donner de la pierre d'un cassage supérieur, et comparable en tous points à celui obtenu à la main.

La proportion des déchets est, en outre, relativement faible : 7 à 8 % pour le sable et 15 à 16 % pour le gravillon. Nous verrons plus loin que le sable est constitué par les déchets ayant

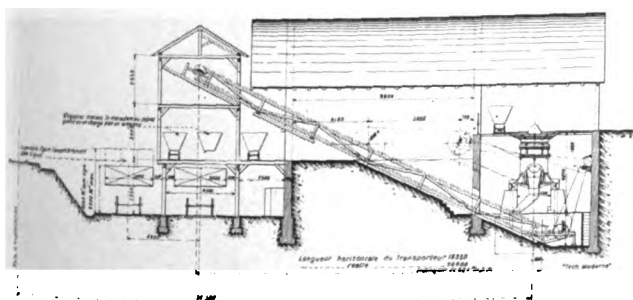


FIG. 6. — Coupe suivant CD du plan (fig. 3).

passé dans une virole à trous de 7 mm. de diamètre, et le gravillon dans une autre de 27 mm.

L'appareil pèse 30 tonnes environ ; il peut concasser 30 mètres cubes de macadam à l'heure, et 40 mètres cubes de ballast. Les organes servant à concasser la pierre, c'est-à-dire jouant le rôle de mâchoires dans les concasseurs ordinaires, sont en acier au nickel chromé. Malgré l'extrême dureté de cet acier, la durée de ces organes n'est pas aussi grande que l'on pourrait le croire par

suite de la résistance considérable de la diorite qu'ils ont à casser.

L'appareil fonctionne à la Meilleraie depuis le mois d'août 1909, et s'il a donné lieu à quelques ennuis au début, cela provenait uniquement d'un défaut de réglage, lequel paraît assez délicat à obtenir. Mais depuis que ce réglage a été effectué dans des conditions convenables, l'appareil se comporte très bien et donne d'excellents résultats.

Criblage. — Au sortir du concasseur, les matériaux tombent dans un élévateur à godets, conçu de façon à constituer un transporteur continu de 28 mètres de long, et incliné de 40° environ sur l'horizontale. Cet appareil est destiné à racheter la différence de niveau existant entre la partie inférieure du concasseur et le trummel destiné au calibrage de la pierre ; il est actionné par un moteur électrique de 8 HP (fig. 6).

Les godets, en arrivant à leur point culminant, déversent successivement leur contenu dans un couloir qui débouche dans le trummel du cribleur. Celui-ci est un cylindre de grandes dimensions, constitué par des tôles perforées, ayant un diamètre de 1^m,50 et une longueur de 8 mètres. Il est actionné par un moteur électrique de 10 HP. Ce cribleur est établi dans une

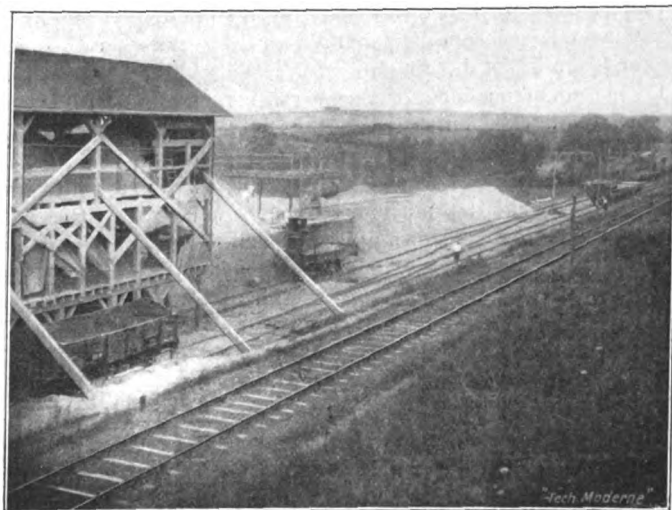


FIG. 7. — Vue des voies du Port-Sec.

charpente en bois, formant annexe de l'usine, du côté des voies de chargement. Il comprend cinq viroles de 1^m,50 chacune. La première comporte des trous de 27 mm. qui laissent passer le mélange de sable et de gravillon. Celui-ci arrive dans une virole concentrique à la première, d'un diamètre de 2 mètres et d'une longueur de 3 mètres. La première moitié, de 1^m,50, est percée de trous de 7 mm. qui laissent passer le gravillon.

La troisième virole a des trous de 52, la quatrième de 55, la cinquième de 58.

Ces trois viroles donnent le macadam proprement dit, et permettent de calibrer celui-ci suivant la grosseur demandée. A l'extrémité du cylindre sortent les refus, ou pierres n'ayant pu trouver un passage par les trous du cribleur.

Ces refus sont ramenés au concasseur, pour être broyés à nouveau, au moyen d'un transporteur aérien monorail et de bennes établies *ad hoc*, et poussées simplement à la main.

Au sortir des viroles, chaque produit ou sous-produit tombe dans un silo en tôle de forme appropriée, qui les conduit, par l'intermédiaire de couloirs convenablement aménagés, soit dans les grands wagons du réseau de l'État, soit dans des wagonnets à voie de 0,60 pour être conduits au dépôt.

Grâce aux dimensions de l'appareil que nous venons de décrire et à son ingénieuse disposition, on obtient un criblage parfait du macadam et suivant trois grosseurs différentes, ce qui est suffisant pour faire face à tous les besoins de la voirie.

CHARGE EN WAGONS ET MISE EN DÉPÔT. — a) *Mise en dépôt.* — Les sous-produits, comprenant le sable et le gravillon, sont généralement, au sortir des silos, reçus dans des wagonnets qui les conduisent à leur dépôt respectif, d'où ils sont repris pour être chargés dans les grands wagons du réseau de l'État et expédiés à la clientèle.

Quant au macadam, le manque de wagons fournis par le réseau de l'État oblige souvent à le mettre également en dépôt. On a réservé à cet effet, dans le voisinage de l'usine, un grand espace où aboutit une voie portative à écartement de 0,60, sur laquelle les wagonnets sont remorqués par un cabestan électrique. Cet appareil, plus simple, plus ingénieux, et beaucoup plus transportable que les treuils que l'on rencontre souvent en pareil cas, a donné jusqu'ici toute satisfaction. Il permet de remorquer les wagonnets sur des voies très inclinées et il a le grand avantage de pouvoir être déplacé très facilement selon les besoins. Il est mù par un moteur à enroulement compound, et est établi pour obtenir, au diamètre des poupées de 300 mm., un effort normal de 600 kg. à la vitesse de 60 cm. par seconde, et un effort, au démarrage, de 1 500 kg. Le moteur et ses accessoires sont enfermés dans une boîte absolument étanche, ce qui fait que l'appareil peut être installé en un point quelconque du chantier et laissé complètement à l'air libre, sans craindre en aucune façon l'effet des intempéries.

Le macadam en dépôt est repris par tombereaux pour être transporté directement sur la route. Il est également chargé dans les grands wagons en cas d'arrêt de l'usine. On utilise à cet effet un monorail aérien analogue à celui des refus, sur lequel roulent un ou plusieurs chariots avec palans auxquels sont suspendues des bennes basculantes, lesquelles sont poussées à la main. La charge en wagons du macadam du dépôt est ainsi obtenue à un prix aussi bas que possible.

b) *Charge en wagons. Port-Sec.* — Nous avons dit que le macadam sortant des silos du cribleur était amené par des couloirs dans les grands wagons du réseau de l'État. Les carrières de la Meilleraie ont, en effet, le grand avantage d'être adjacentes à la ligne de Bressuire aux Sables-d'Olonne, et les exploitants en ont profité pour demander à l'Administration des chemins de fer de l'État l'établissement d'un Port-Sec. Celle-ci a non seulement accueilli cette demande, mais a accepté d'exécuter les travaux à frais communs. Ce Port-Sec comprend une voie principale réunie à la voie en exploitation par deux branchements. Cette voie principale se poursuit des deux côtés de ces

branchements par des voies en cul-de-sac qui servent de garage aux wagons. Une deuxième voie, parallèle à la première, reçoit les wagons vides quand les pleins sont sur l'autre voie et inversement (fig. 7).

Les longueurs des voies du Port-Sec sont suffisantes pour permettre de garer et remplir, avec des manœuvres convenables, trente wagons environ. Ces manœuvres sont opérées au moyen d'un cabestan identique à celui précédemment décrit, et n'exigent que l'intervention de deux hommes, l'un pour la manœuvre du cabestan, l'autre pour l'accrochage et la surveillance du câble de traction.

Les wagons vides sont laissés, à leur passage, par les trains de marchandises, qui reprennent en même temps les wagons pleins pour les diriger sur leurs gares destinataires. L'extension des affaires de cette entreprise est telle que l'on envisage déjà l'établissement de trains de service spécialement affectés à son usage, et destinés à remplacer les trains de marchandises qui deviendront bientôt insuffisants.

Par la description que nous venons de faire des principaux moyens auxquels on a eu recours pour l'exploitation des carrières qui ont fait l'objet de la présente notice, on a pu se rendre compte que l'usage des engins mécaniques et électriques y avait été poussé aussi loin que possible. Il serait même question de remplacer la charge à la main des wagonnets en carrière, lesquels amènent au concasseur la pierre destinée à être concassée, par des engins qui se chargeraient automatiquement, puis transporteraient la pierre au concasseur au moyen d'un transporteur aérien.

Grâce aux ingénieuses dispositions auxquelles on a eu recours, on a pu obtenir, à ces carrières, des prix de fabrication aussi réduits qu'il permettait de l'espérer l'extrême dureté de la pierre, et les difficultés d'extraction, de perforation, de concassage, résultant de cette dureté.

C'est grâce à ces prix de revient que cette pierre a pu être expédiée au loin, malgré des transports onéreux, pour remplacer les matériaux trouvés sur place, mais qui sont moins bonne de qualité.

Paul LÉVY-SALVADOR,
Ingénieur des Constructions civiles.
Ingénieur du Service technique
au Ministère de l'Agriculture.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE

DE L'ÉQUILIBRAGE DES ORGANES MÉCANIQUES⁽¹⁾

(Suite)

MACHINE À ÉQUILIBRER NORTON. — En publiant cette description, *American Machinist* fait remarquer, comme nous-mêmes, combien la question de l'équilibrage est généralement négligée; notre confrère présente d'ailleurs la machine Norton comme réalisant une solution d'un « problème mécanique embarrassant, posé depuis longtemps et dont l'importance croît sans cesse ».

Description de la machine. — La figure 16 représente une vue de côté de la machine sur laquelle est disposé l'organe à équi-

librer qui est un arbre vilebrequin d'automobile. L'arbre repose à chaque extrémité sur quatre galets montés sur des supports spéciaux; on voit deux de ces galets; les supports reposent à l'extrémité supérieure de tiges verticales qui, elles-mêmes, portent sur une potence réglable verticalement au moyen du petit volant que l'on aperçoit en arrière, au coin du bâti. Ce réglage a pour objet de niveler l'arbre à équilibrer et de tendre convenablement la poulie motrice. Les tiges verticales traversent des disques de caoutchouc, ce qui leur permet de vibrer horizontalement dans une certaine mesure. Les vibrations sont amplifiées par les aiguilles indicatrices visibles dans la figure 16.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 11, p. 611; n° 12, p. 662.

A l'extrémité avant des deux montants, sont disposés deux stylets à réglage universel qui ont pour fonction de marquer l'arbre pendant sa rotation.

La machine est commandée par un moteur électrique à vitesse variable, qui est accouplé à l'arbre de transmission par courroies droite et croisée.

Fonctionnement de la machine. — L'arbre étant mis en place, on règle la vitesse du moteur à l'aide du rhéostat, jusqu'à ce que les aiguilles accusent le maximum de vibrations; la vitesse atteinte, qui est d'environ 200 tours par minute, est celle qui correspond au synchronisme avec les vibrations des tiges de support. Au-dessous ou au-dessus de cette vitesse, les vibrations

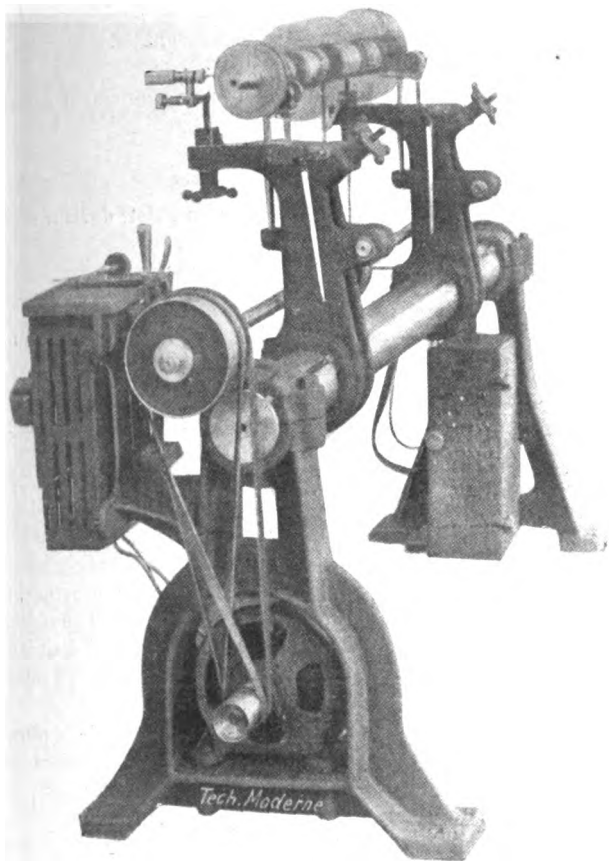


FIG. 16. — Machine à équilibrer dynamiquement (système de la Norton Grinding Co.)

diminuent et, pour une vitesse suffisamment élevée, elles disparaîtraient complètement.

Quand la vitesse est réglée pour le maximum de vibrations, on ajuste les stylets à la main jusqu'à ce qu'ils laissent une trace sur l'arbre; on renverse ensuite la marche de l'appareil pour prendre la moyenne des indications.

Si, dans un premier essai, l'une des deux aiguilles vibre plus que l'autre, on commence par équilibrer autant que possible l'extrémité correspondante de la pièce et, généralement, l'autre extrémité s'en trouve améliorée.

Elasticité de la machine. — Cette machine demande une gradation presque insensible de vitesses pour l'équilibrage des diverses pièces qui peuvent se présenter. On dispose à cet effet d'un assortiment de poulies à montage rapide. Il y a également des supports à galets de dimensions variées pour les divers diamètres d'arbres.

Résultats. — Au cours de l'article consacré à cette machine, il est reconnu que les indications que l'on peut tirer du mouvement de la pièce sont des fonctions un peu confuses du balourd

même de la pièce, lequel ne peut pas s'évaluer, mais doit être compensé par tâtonnements.

Nous sommes heureux de constater que cette manière de voir concorde absolument avec la nôtre.

2° APPAREILS D'ÉQUILIBRAGE STATIQUE.

Autant les appareils d'équilibrage dynamique sont complexes et délicats à réaliser et à tenir exacts, autant les appareils d'équilibrage statique sont simples et durables.

Ici, plus de mise en marche, aucun organe de propulsion, la seule force agissante est la pesanteur et le corps est en simple état de repos sur des plans ou des surfaces faciles à réaliser.

Ces appareils sont peu nombreux et peuvent tous découler de la substitution au frottement de roulement simple du corps sur un plan quelconque, du roulement de degré quelconque, mais toujours élevé d'un axe sur des surfaces planes ou circulaires. Nous obtiendrons ainsi les systèmes dans lesquels l'axe de la pièce roule :

α) Sur des règles; α') sur des couteaux; β) dans des roulements à billes; γ) sur des galets.

α'. Les règles constituent un chemin de roulement du premier ordre; l'axe de la pièce sera pris aussi petit que possible, parfaitement rectifié; les règles seront, ainsi que l'axe, en métal dur, rectifiées et mises absolument de niveau.

Si, dans ce cas, on appelle f (fig. 17) le coefficient de frotte-

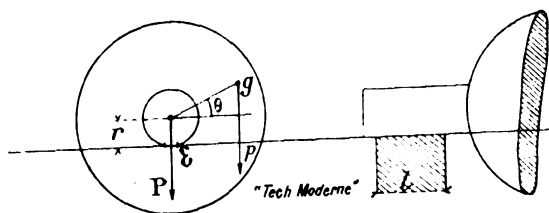


FIG. 17.

ment de roulement et a le coefficient d'adhérence inhérents aux matériaux dont sont constitués l'axe et les règles et à l'état de leurs surfaces, la rotation de la pièce commencera dès que :

$$\frac{\text{PUISSANCE}}{P r \cos \theta} > \frac{\text{RÉSISTANCE}}{P f r + P a 2 l \varepsilon} \quad \text{SURFACE DE CONTACT de l'axe sur les règles } 2 l \varepsilon$$

On voit donc que tout le travail du constructeur devra tendre à rendre r aussi petit qu'il se peut, à choisir les matériaux de façon que f et a soient également aussi petits que possible et à diminuer la surface de contact; donc à réduire la largeur des règles.

Mais malheureusement, on est limité pratiquement, pour presque toutes ces valeurs, par les matériaux mêmes dont on dispose, et par la condition d'indéformabilité des organes de sustentation de la pièce. On est ainsi arrivé à remplacer les règles par des couteaux de forme trapézoïdale; mais on est limité, car ces couteaux tendent à pénétrer dans l'axe qui souvent ne peut être fait assez dur. Si p

est la résistance spécifique du métal le plus tendre (de l'axe ou du couteau) on doit toujours avoir (fig. 18) :

$$p < \times P \frac{1}{(\Delta \varepsilon \times \Delta l)} \quad \text{ou} \quad p < \frac{P}{s}.$$

Il s'ensuit que la résistance est toujours élevée, la pièce est lente dans ses déplacements, la balance est paresseuse et la limite

de sensibilité vite atteinte. Le résultat, c'est un équilibrage tout à fait incertain et imparfait.

Quelques constructeurs ont pensé perfectionner l'appareil, et échapper à la question de résistance des supports en interposant, entre l'axe de la pièce et la règle, une bague dure rectifiée intérieurement et extérieurement. Mais alors se présentent de grandes difficultés pour ajuster parfaitement cette bague sur l'axe de la pièce, pour la centrer rigoureusement avec cet axe ; dans tous les cas, en admettant ces conditions réalisées, on aura toujours augmenté le rayon de l'axe de roulement et par suite la résistance.

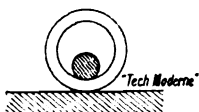


FIG. 19.

Certains même ont été jusqu'à ne plus ajuster la bague sur l'axe et à la faire plus grande et parfaitement rectifiée (fig. 19).

Nous n'insisterons pas sur ce procédé qui donne évidemment des résultats pires que le précédent.

En résumé, les pièces équilibrées sur règle le sont d'une façon si peu complète que, dans la plupart des cas, on est entraîné à de nombreuses corrections lors de la mise en marche. Ce procédé, sauf pour les pièces légères, et en tenant compte de l'économie de sa réalisation, est donc peu recommandable.

β) *Roulements à billes*. — Ici, c'est une modification avantageuse du principe de la bague décrit ci-dessus ; on remplace le roulement simple de la bague sur la règle par un roulement du second genre : roulement de la bague dans une autre bague avec interposition d'une ligne de billes. Le coefficient de frottement f qui était précédemment de 0,005 devient théoriquement 0,001.

Dans ce procédé, on rencontre des difficultés assez considérables, car il faut, pour chaque diamètre d'axe D (fig. 20), avoir un système complet ou au moins une bague interne C parfaitement ajustée, sans le moindre jeu, sur cet axe. À part cela, la sensibilité paraît à première vue plus grande que dans le système des règles. Mais les billes ne sont pas toujours parfaitement régulières ; de plus, elles ne se tiendront jamais à distance ; elles viendront en contact à cause des éléments se déplaçant en sens inverse, donc tendant à coincer, et surtout se déplaçant à grande vitesse relative ; si l'on emploie des roulements à cage où les billes sont enfermées dans des alvéoles, elles peuvent frotter sur cette cage et il en résultera un coefficient de frottement de roulement élevé de la bague interne sur le système des billes ; de sorte que finalement la sensibilité ne peut être qu'apparente. Il arrivera même parfois que cet appareil deviendra moins sensible que celui à couteaux précédemment étudié.

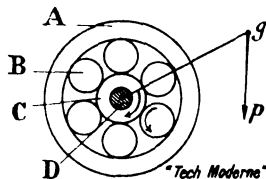


FIG. 20.

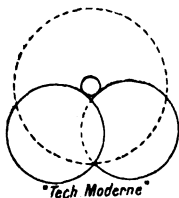


FIG. 21.

γ) *Appareils à galets*. — Avec les galets, nous sommes toujours dans le système du roulement du deuxième ordre au minimum. Une application bien connue de ce principe, à un appareil en somme de même nature que les appareils à équilibrer, c'est la machine d'Atwood. Le célèbre physicien employa d'abord le système de roulement du second, puis du troisième ordre. Dans le premier cas (fig. 21), l'axe de la pièce roule seulement sur deux systèmes constitués chacun par deux galets égaux et chevauchés, formant une sorte de V circulaire ; les axes des galets tournent dans des paliers lisses. Dans le second appareil (fig. 22), les axes de ces galets tournent à leur tour sur des galets chevauchés ; on n'est pas allé plus loin dans cet ordre d'idées.

Dans ce système (fig. 23), appelons r le rayon de giration du centre de gravité g de la masse de balourd de poids p ; r' le rayon du tourillon de la pièce de poids P ; r_1 le rayon des galets, r'_1 le rayon de leurs tourillons, P_1 et P_2 les composantes de P , appli-

quant les axes des galets sur leurs coussinets, nous aurons comme résistance au déplacement de la pièce, sous l'influence de la

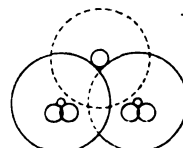


FIG. 22.

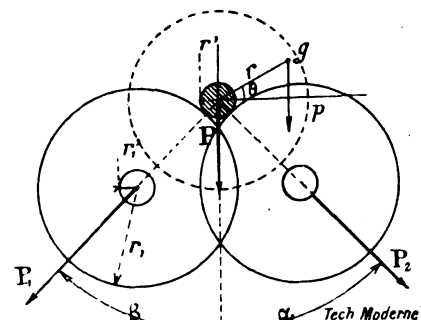


FIG. 23.

masse de balourd : le frottement des axes des galets dans leurs coussinets, en admettant que les coefficients de frottement soient les mêmes pour les deux coussinets :

$$(P_1 + P_2) \times f$$

qui, reporté à la circonférence externe du galet, devient :

$$(P_1 + P_2) \times f \times \frac{r'_1}{r_1} = F',$$

et le frottement de roulement de l'axe de la pièce sur la surface externe des galets :

$$(P_1 + P_2) f' = F''$$

(en admettant que les galets aient même coefficient de frottement).

Nous ne parlons pas de la résistance due à l'adhérence de l'axe de la pièce sur les galets, qui dans la pratique est négligeable, les surfaces de contact de ces pièces étant infiniment petites. La force motrice est toujours p .

Ici n'envisageons plus seulement les forces en présence, mais évaluons le travail qu'elles ont à fournir, chose que nous aurions pu évaluer aussi dans le cas des règles, mais qui était inutile, puisque l'inspection seule des forces en présence était suffisamment édifiante.

Dans le cas des règles, nous avions translation de la pièce sur les règles, par roulement ; ici, aucune translation, la pièce tourne seulement autour de son axe. Pour un déplacement très petit de la pièce, sous l'influence de la force p , nous aurons :

$$pr d\theta \geq F' dl + F'' dl, \quad \text{ou} \quad pr d\theta \geq (F' + F'') dl,$$

en appelant dl le chemin parcouru par les points de contact de l'axe de la pièce sur le galet :

$$dl = r' d\theta;$$

de là :

$$pr d\theta \geq (F' + F'') r' d\theta \quad \text{ou} \quad pr d\theta \geq (P_1 + P_2) f' r' d\theta + (P_1 + P_2) f \frac{r'_1}{r_1} r' d\theta,$$

et en intégrant de :

$$\theta = \frac{\pi}{2} \quad \text{à} \quad \theta = -\frac{\pi}{2},$$

on aura :

$$\int_{\theta = -\frac{\pi}{2}}^{\theta = \frac{\pi}{2}} pr d\theta \geq \int_{\theta = -\frac{\pi}{2}}^{\theta = \frac{\pi}{2}} (P_1 + P_2) f' r' d\theta + (P_1 + P_2) f \frac{r'_1}{r_1} r' d\theta;$$

ou :

$$pr \int_{\theta = -\frac{\pi}{2}}^{\theta = \frac{\pi}{2}} d\theta \geq (P_1 + P_2) f' r' \int_{\theta = -\frac{\pi}{2}}^{\theta = \frac{\pi}{2}} d\theta + (P_1 + P_2) f \frac{r'_1}{r_1} r' \int_{\theta = -\frac{\pi}{2}}^{\theta = \frac{\pi}{2}} d\theta.$$

Dans le cas présent, le sens vertical descendant est positif,

par suite de la direction de la pesanteur seule force agissante, on a donc :

$$\pi pr \geq (P_1 + P_2) f' r' \pi + (P_1 + P_2) f \frac{r'_1}{r} \pi,$$

mais si α et β sont les angles formés par P_1 et P_2 avec P et si :

$$\alpha + \beta = \gamma, \\ P_1 = P \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}, \quad P_2 = P \frac{\sin (\gamma - \alpha)}{\sin \gamma};$$

on doit alors avoir :

$$\pi pr \geq P \left(\frac{\sin \alpha + \sin (\gamma - \alpha)}{\sin \gamma} \right) f' r' \pi + P \left(\frac{\sin \alpha + \sin (\gamma - \alpha)}{\sin \gamma} \right) f \frac{r'_1}{r} \pi;$$

ou :

$$\pi pr \geq P \pi r' \frac{\sin \alpha + \sin (\gamma - \alpha)}{\sin \gamma} \left[f' + f \frac{r'_1}{r} \right].$$

Et à la limite, l'appareil n'indiquera plus rien, lorsque sa limite de sensibilité sera atteinte; on aura alors :

$$\pi pr = P \pi r' \left(\frac{\sin \alpha + \sin (\gamma - \alpha)}{\sin \gamma} \right) \left[f' + f \frac{r'_1}{r} \right],$$

ou :

$$\frac{P}{P} = \frac{r'}{r} \left(\frac{\sin \alpha + \sin (\gamma - \alpha)}{\sin \gamma} \right) \left[f' + f \frac{r'_1}{r} \right].$$

On voit donc que, pour augmenter la sensibilité de l'appareil, c'est-à-dire diminuer la valeur de la fraction $\frac{P}{P}$, on peut recourir à divers moyens :

a) Diminuer la valeur de la fraction $\frac{r'_1}{r}$.

Or, on ne connaît pas r et, même le connaissant, on n'en est pas maître; donc il faudra diminuer le plus possible la valeur de r'_1 , rayon de l'axe de la pièce. Le poids de la pièce et la résistance du métal de l'axe peuvent seuls limiter cette valeur.

b) Diminuer le plus possible la valeur de la parenthèse $f' + f \frac{r'_1}{r}$.

Ceci s'obtiendra en réduisant les coefficients de frottement par un choix aussi approprié que possible des métaux constituant l'axe ou le faux axe de la pièce, et les galets de roulement. Pour diminuer la valeur de f' , coefficient de roulement des axes des galets dans leurs coussinets, on emploiera un montage à billes très soigné; enfin on fera les galets aussi grands que possible et leurs axes, quoique très résistants, d'aussi petits diamètres que possible.

c) Reste la deuxième parenthèse qui est aussi à réduire à son minimum :

$$\frac{\sin \alpha + \sin (\gamma - \alpha)}{\sin \gamma}.$$

Dans tous les appareils construits jusqu'à ce jour, on a cherché à réduire ce terme, par deux moyens, soit en faisant $\alpha = \frac{\gamma}{2}$ et, dans ce cas (fig. 24), on arrive à la formule :

$$\frac{2 \sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \gamma},$$

caractéristique des appareils à galets égaux et chevauchés.

En rendant $\alpha = \gamma$ et $\beta = 0$, on obtient alors la valeur :

$$\frac{\sin \gamma}{\sin \gamma} = 1;$$

ce sont les appareils à repos normal.

(A suivre.)

R. FILLOCHE et Georges LÉVY,
Ingénieurs des Arts et Manufactures.

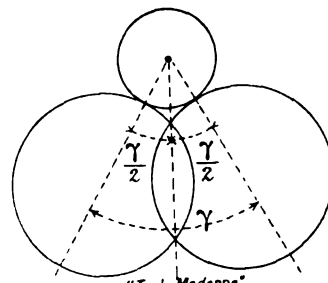


Fig. 24.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

LE CONTRÔLE DES ÉQUIPEMENTS DE TRACTION ÉLECTRIQUE ⁽¹⁾

(Suite et fin.)

IV. — Contrôle à unités multiples.

PRINCIPES. — Quand les moteurs sont répartis sur plusieurs véhicules, c'est-à-dire quand le convoi est formé d'un nombre plus ou moins grand d'automotrices, les conditions auxquelles il faut satisfaire sont encore plus compliquées que dans le cas d'équipements à grande puissance. Pour contrôler tous les moteurs à l'aide d'un seul combinateur, l'appareil deviendrait extrêmement lourd et comporterait de nombreux dispositifs accessoires. Les voitures devraient être reliées entre elles par des canalisations qu'il faudrait établir pour la capacité globale du convoi. Ainsi, en principe, le poids et la composition de celui-ci se trouveraient strictement limités. L'usage des combineurs simples est donc totalement impossible. On a dû les remplacer par des méthodes de contrôle indirectes, à unités multiples, même lorsque

les parties pouvaient être contrôlées isolément à l'aide d'un combinateur.

Dans le contrôle à unités multiples, chaque voiture forme une unité indépendante qui possède ses moteurs, son commutateur de marche et son combinateur. A l'origine, on songea à coupler les combineurs à un arbre de transmission courant le long du train. En 1897, Sprague indiqua une solution meilleure : il imagina de munir chacun de ces dispositifs d'un petit moteur, les moteurs auxiliaires étant commandés d'un point quelconque du train, grâce à des circuits de faible section ; la commande du combinateur était placée sous la dépendance de l'intensité du courant absorbé par les moteurs principaux, de telle façon que les combineurs passaient automatiquement d'une position à l'autre et que, par conséquent, on pouvait fixer à une valeur déterminée l'accélération du convoi. Sprague équipa de cette façon plusieurs lignes de chemins de fer. Son procédé fut imité par d'autres constructeurs qui y introduisirent divers moyens d'actionner les

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 11, p. 608; n° 12, p. 686.

appareils de contrôle : la Société Westinghouse fit usage de l'air comprimé avec cylindres à tiroirs ; la Société Siemens-Halske, de cylindres doubles avec crémaillère. Les méthodes Meyer et Felten-Guillaume-Lahmeyer, que nous avons indiquées, peuvent être considérées comme des variantes de ces procédés.

D'une façon générale, quand chaque position du combinateur ou contrôleur n'est pas commandée par un organe isolé, il est difficile d'obtenir que les divers appareils se déplacent en concordance parfaite ou suffisante sur tout le convoi ; c'est ainsi que sur les chemins de fer métropolitains de Berlin, où l'on actionnait par l'air comprimé, on a constaté entre diverses voitures d'un même train des écarts de plusieurs degrés dans la position des contrôleurs à un moment donné.

Short et Zehme en 1902, Petersen en 1904, imaginèrent, pour corriger cette défectuosité, de soumettre les combinateurs à un actionnement continu, par l'air comprimé ou par l'électricité, l'avancement étant toutefois subordonné, par un procédé un peu semblable à celui du système électropneumatique Felten-Guillaume-Lahmeyerwerke, au fonctionnement de cliquets appropriés. Ces dispositions furent reconnues peu pratiques et l'on reprit l'idée qu'Elihu Thomson avait eue, en 1898, de remplacer le contrôleur principal, tel que nous l'avons rencontré jusqu'ici, par une série d'interrupteurs élémentaires actionnés isolément. Ces interrupteurs ou contacteurs, comme on dit aujourd'hui, étaient constitués d'un interrupteur à contact mobile actionné par le noyau d'un électro-aimant ; les divers électro-aimants étaient branchés sur des circuits auxiliaires dont l'excitation se faisait, en dérivation sur le dispositif de prise de courant, par l'intervention d'un manipulateur. Pour chaque position de ce dernier, les contacteurs établissant les liaisons voulues et celles-là seulement. Ce procédé est à la base de toutes les méthodes de contrôle à unités multiples aujourd'hui en usage.

SYSTÈME ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE. — Plus tard, le procédé Thomson a été perfectionné par l'adoption d'une disposition permettant, comme dans le procédé Sprague, le déplacement automatique du système de contrôle en synchronisme avec les variations de l'intensité du courant. De là est né le système de contrôle de la General Electric Company et de la Compagnie Thompson-Houston ; il a naturellement subi des perfectionnements de détail.

Le contrôleur de commande ou manipulateur a gardé la forme initiale du combinateur ; il est à tambours, mais son rôle consiste à combiner, dans l'ordre voulu, les circuits de commande des contacteurs, et il n'est parcouru que par les courants nécessaires à actionner les électro-aimants de ces derniers ; chacun des contacteurs, pris isolément, peut être comparé à un doigt de contact du contrôleur à main. Chaque contacteur est formé d'un interrupteur et d'un électro-aimant et comporte un séparateur d'arc et un soufflage magnétique puissant. Les contacteurs sont enfermés dans une boîte dont le bâti est en fonte et l'enveloppe en tôle. L'électro-aimant de l'interrupteur est un électro à plongeur ; l'armature est composée de tôles isolées au moyen de mica et protégées par de l'amiante. L'inverseur est également actionné par un électro-aimant ; parfois, d'ailleurs, il est formé de contacteurs ordinaires.

Dans les équipements à courant continu, le courant pour le contrôle peut être pris à la canalisation principale ; mais, comme il n'est pas possible de bobiner de bons électro-aimants pour des tensions de 500 volts et plus, on doit placer une résistance dans le circuit auxiliaire. Afin d'éviter une dépense inutile d'énergie résultant de ce rhéostat, on préfère parfois munir l'équipement d'un groupe convertisseur, qui diminue la tension du courant de la ligne. A ce groupe, on adjoint s'il est nécessaire une petite batterie ; on a aussi employé des batteries seules. Ces combinaisons sont peu avantageuses.

Avec le courant alternatif, il est facile d'avoir un courant convenable pour le contrôle ; un simple transformateur statique le pro-

cure à la tension désirée ; c'est une qualité précieuse du courant alternatif. La liaison entre les canalisations des diverses voitures se fait à l'aide de coupleurs à broches.

Pour un équipement à courant continu à deux moteurs de 160 chevaux ou quatre de 80 chevaux, le courant de contrôle nécessaire est d'environ 25 ampères ; le poids total de l'appareillage est de 900 kg. approximativement. L'équipement des remorques se compose d'un câble de contrôle, de deux boîtes de ponction et de deux coupleurs ; il pèse 90 kgm. environ.

Des dispositions à peu près identiques se retrouvent dans le système Siemens-Schuckert. Le manipulateur, dont la figure 11 montre l'aspect général, se compose d'un tambour de commutation et d'un tambour de marche ; des ressorts de contact, qui frottent contre les segments adaptés à ces cylindres, sont reliés aux enroulements des contacteurs et à la source de courant à basse tension employée pour le service, qui est l'enroulement secondaire d'un transformateur spécial ou du transformateur principal, s'il s'agit d'un équipement pour courant alternatif.

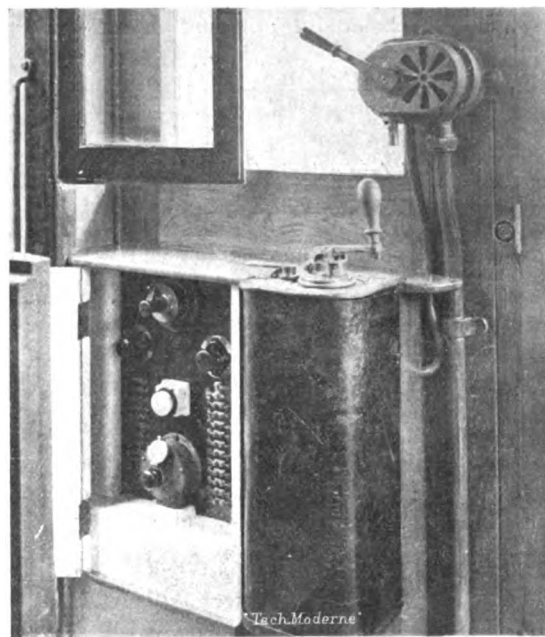


FIG. 11. — Cabine de contrôle d'une voiture à contrôle à unités multiples du système Siemens-Schuckert.

Le cylindre de marche est soumis à l'action d'un rappel qui tend à le ramener dans la position de repos ; mais un cliquet, qui est fixé à la manette et s'introduit dans les dents d'une roue dentée quand la main du conducteur appuie sur la poignée, fait que l'axe et le tambour, aussi longtemps que le conducteur n'abandonne pas sa poignée, sont arrêtés au cran sur lequel ils sont poussés ; dès que la poignée n'est plus maintenue, l'appareil revient de lui-même à l'arrêt. Le premier cylindre est formé de deux parties : l'inférieure, fixée sur l'arbre de la manivelle ; la supérieure, rendue solidaire de la première par des doigts, mais avec un certain jeu. Le déplacement des deux parties l'une par rapport à l'autre détermine le fonctionnement d'un commutateur inséré dans le circuit de commande. L'interrupteur principal ne peut être fermé que par le passage de la manette sur le premier écran.

Les contacteurs électro-magnétiques sont placés côte à côte ; le premier est muni d'un soufflage magnétique. Pour que les surfaces de contact métalliques restent propres, les pièces sont disposées de façon qu'elles frottent légèrement quand elles se rencontrent. Les contacteurs sont verrouillés mécaniquement, afin qu'il ne puisse se produire de couplage défectueux et que chaque organe pousse le voisin. Les Etablissements Felten-Guil-

Guillaume-Lahmeyer emploient une disposition spéciale dans laquelle le circuit des moteurs comprend :

- 1° Le commutateur principal, pourvu d'un déclenchement à maximum et à minimum, comme dans la plupart des systèmes;
- 2° le commutateur de marche; 3° le régulateur ou contrôleur.

Le fonctionnement se fait de la façon suivante :

L'opérateur ferme d'abord l'interrupteur principal, qui est maintenu dans sa position par un cliquet dont le déclenchement ne se fait que si un courant est envoyé dans l'électro-aimant qui le contrôle; l'émission peut être produite éventuellement par le conducteur, à l'aide d'un bouton spécial, ou automatiquement, par le jeu d'un relais à maximum placé dans la voiture. Des lampes de signal indiquent à chaque instant en quelle position se trouve l'instrument ⁽¹⁾. Le conducteur place le manipulateur sur le premier contact, qui correspond à l'envoi du courant dans les électro-aimants du commutateur de sens de marche. Indépendamment des contacts principaux pour les moteurs, ce dernier comporte trois contacts auxiliaires insérés sur le fil de retour du régulateur, de façon que les contacteurs, auxquels ledit fil est commun, ne peuvent être actionnés que si l'inverseur est dans la bonne position. Le commutateur est, au surplus, tenu en place par un verrouillage aussi longtemps qu'on ne le libère pas. La manœuvre du manipulateur détermine ensuite la fermeture des contacteurs. Ces instruments sont, comme nous l'avons dit, rendus solidaires les uns des autres et aucun d'eux ne peut se fermer si le précédent n'a pas achevé son mouvement d'ouverture.

Cet enclenchement, au lieu d'être rigide comme il est de règle pour d'autres systèmes, est fait au moyen d'une chaîne ou d'un câble (fig. 12) : l'armature de chaque électro-aimant est munie d'une petite poulie et la position des contacteurs permet de faire passer sur les poulies un câble ou une chaîne dont les extrémités s'accrochent soit à des ressorts, soit à des poids; près de ces extrémités, des arrêts viennent buter contre deux pièces fixes sur lesquelles glisse le câble ou la chaîne et limitent le mouvement; le jeu correspond exactement au déplacement d'une armature et les contacteurs ne peuvent se fermer que l'un

après l'autre; lorsqu'un des contacteurs étant fermé, on vient à fermer le suivant, celui-ci tend à ouvrir celui-là.

La mise hors circuit des moteurs est obtenue en ramenant le manipulateur à la position neutre. Dès que le levier atteint le cran d'arrêt, les contacts auxiliaires coupent le circuit de retour des contacteurs et la mise hors circuit se fait brusquement. Le manipulateur est pourvu de ressorts de rappel rapides qui le ramènent

instantanément au point neutre quand l'opérateur abandonne la poignée.

Au lieu de faire l'excitation des électro-aimants de contrôle des contacteurs en dérivation sur le circuit principal, ainsi qu'on le pratique couramment, on peut exciter ces électro-aimants à l'aide du courant de retour des moteurs du train. Cette méthode, due à M. Zweigberg ⁽²⁾, est employée sur le chemin de fer électrique du Lancashire et du Yorkshire; c'est celle des constructeurs anglais Dick, Kerr et C^{ie}. La figure 13 en schématise le

principe pour le cas d'un équipement à deux moteurs. T est le dispositif de prise; M, M les moteurs; E, E₁, les liaisons avec la terre. Le circuit entre le dispositif de prise et la terre peut être fermé soit au moyen des contacts cc, vers E, soit par les contacts CC, sur les solénoïdes SS, vers E₁.

Pour mettre l'équipement en marche, il faut établir une connexion entre T et E; pour cela, on ferme cc, le courant

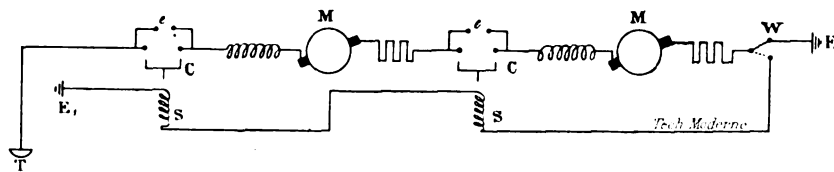


FIG. 13. — Principe du contrôle électromagnétique Zweigberg (Dick-Kerr et C^{ie}).

parcourt alors les moteurs et les solénoïdes, en passant par le commutateur à deux directions W; aussitôt que ce circuit est établi, les moteurs démarrent. Mais, le courant des moteurs passant également dans les enroulements des solénoïdes SS, ceux-ci ferment les contacts CC. Si l'on déplace le commutateur W, en le ramenant sur le plot correspondant à E, le circuit des solénoïdes SS est rompu; les interrupteurs correspondants déclenchent et mettent les moteurs hors ligne.

On peut adjoindre au circuit SSE d'autres circuits auxiliaires et contrôler ceux-ci au moyen d'un commutateur ayant un nombre de plots convenable.

Tel est le principe de l'appareil; en pratique, l'appareillage de contrôle comprend, comme dans le système décrit précédemment, deux manipulateurs et un certain nombre de contacteurs, parmi lesquels l'inverseur, les contacteurs de résistance et les contacteurs de mise en série ou en parallèle; les contacteurs sont enfermés dans une boîte suspendue sous le plancher au véhicule, entre les deux bogies; les manipulateurs sont placés dans les cabines. Chaque manipulateur se compose de trois cylindres : un pour l'inverseur, un pour les contacteurs et un pour le commutateur (série parallèle). Le cylindre de commutation (ou *switch barrel*) et le cylindre des contacteurs (ou *contactor barrel*) sont placés l'un au-dessus de l'autre et sont actionnés par une même manivelle, quoique le premier se déplace d'un certain angle indépendamment du second.

Le manipulateur peut prendre huit positions. Le cylindre de l'inverseur (*reverser barrel*) peut en occuper trois, qui correspondent respectivement à la marche avant, arrière et au neutre. Il est divisé en deux parties : une moitié sert à envoyer du courant dans l'un ou l'autre des contacteurs, et l'autre à renverser le courant de contrôle dans les deux moteurs.

Pour la mise en marche, on déplace le commutateur de sens de marche. Ce mouvement ferme le circuit de contrôle par les moteurs et par le segment de mise à la terre du manipulateur. En même temps, la poignée principale de celui-ci se trouve libérée et peut être manœuvrée à son tour; toutefois son déplacement n'est possible que cran à cran.

Dans la première position, le segment de terre est abandonné et le courant va à la terre par un circuit qui comprend le cylindre inverseur inférieur, les moteurs, leurs résistances, les solénoïdes de l'inverseur et le solénoïde de mise en série. Dans cette position, les moteurs sont en série l'un avec l'autre, mais des résistances sont insérées dans leur circuit. Les quatre positions suivantes correspondent à l'élimination progressive de ces résistances.

Lorsque le manipulateur passe du cinquième au sixième cran, les électro-aimants des résistances et du contacteur de mise en série cessent de recevoir du courant; dans la position n° 6, les contacteurs de mise en parallèle interviennent, ils placent les moteurs en parallèle et, comme les contacteurs des rhéostats ont déclenché dans le passage de l'une à l'autre position, les résis-

⁽¹⁾ Il s'agit là de dispositions d'un usage général, dans la traction et dans les autres domaines de l'électrotechnique.

⁽²⁾ *Electricien*, 19 avril 1907; *Eclairage électrique*, 29 juin 1907; *Electrician*, 12 mars 1909.

tances se retrouvent en circuit. Les positions 7 et 8 correspondent à l'actionnement des contacteurs de ces résistances, qui sont à nouveau éliminées *graduellement*.

L'arrêt est obtenu en ramenant la manivelle au zéro, mouvement qui peut s'effectuer d'un seul coup. Ce déplacement a pour

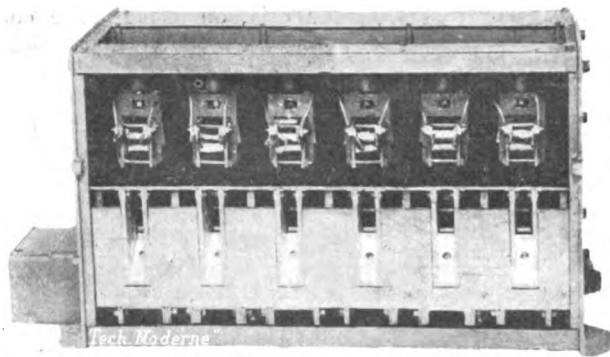


FIG. 14. — Groupe contacteur pour équipement à contrôle électro-pneumatique, système Westinghouse.

effet de ramener à la position de repos le cylindre de commutation du manipulateur, indépendamment du cylindre des contacteurs, qui reste dans la position de mise en parallèle; le segment de terre du manipulateur fait alors passer le courant de retour des moteurs directement à la terre; le circuit de contrôle cesse de recevoir du courant; les électro-aimants déclenchent et le circuit des moteurs est entièrement coupé.

Il est à noter que la liaison avec la terre pour les circuits des contacteurs et celle pour le circuit principal sont aux deux parties opposées du convoi, à l'arrière pour les premiers, à l'avant pour le second. Les circuits sont d'ailleurs symétriques pour les deux manipulateurs. Ces derniers ne coupent jamais de courant, et ils n'ont pas à être munis de soufflage, ce qui permet de restreindre leurs dimensions. Ils sont pourvus d'un régulateur mécanique qui empêche l'avancement brusque de la manivelle, et d'un enclenchement électro-magnétique, dont la bobine est en série avec les contacteurs qui mettent les moteurs en parallèle. Lorsque cet électro est excité, il soulève un cliquet et le conducteur peut alors pousser le manipulateur; si les contacteurs-série ne fonctionnent pas pour une cause quelconque, l'électro-aimant en question ne reçoit pas de courant, et la manœuvre du manipulateur est impossible.

Il y a seize contacteurs par véhicule. Ces organes sont réunis par groupes de quatre dans des caisses de tôle, où des cloisons de vulcabeston les séparent. Chacun d'eux est formé d'un électro à plongeur dont le noyau agit sur le doigt de contact mobile au moyen d'un levier de transmission. Les pièces de contact sont légèrement cintrées et se rencontrent de biais, de sorte qu'elles prennent contact avec un léger frottement, qui les maintient nettes et propres. Les arcs sont brisés au moyen d'un souffleur magnétique composé d'une bobine entourée d'un court tube de cuivre dont le bord intérieur se trouve

à proximité de la rupture et le bord extérieur près d'une ouverture ménagée dans la boîte contenant l'ensemble. L'arc est attiré par la bobine sur le tube, et repoussé sur l'ouverture, où il s'éteint.

Les quatre bobines de chaque groupe sont montées sur le même noyau; l'ensemble est placé sur un support à charnière, de façon que l'on puisse avoir aisément accès aux contacts.

Un avantage du contrôle par courant de retour est de permettre l'emploi de contacteurs à gros fil, très solides, et ne possédant pas de self appréciable.

SYSTÈME ÉLECTRO-PNEUMATIQUE. — Nous avons vu précédemment comment l'air comprimé servait à actionner le combinateur ordinaire. Il a été utilisé par la Société Westinghouse en particulier pour le contrôle avec contacteurs.

La construction des contacteurs est modifiée alors par le fait que l'on remplace le solénoïde électromagnétique par un cylindre à air comprimé dont le piston actionne l'interrupteur. Pour assurer le déplacement simultané de tous les contacteurs correspondants d'un convoi, il suffit que les soupapes des cylindres soient contrôlées du poste central de commande, ce qui se fait aisément, à l'aide de l'électricité, en soumettant chacune d'elles à l'action d'un relais.

Au début, les contacteurs de chaque équipement étaient réunis confinément dans une caisse cylindrique, en forme de tour *turret controller* (*). Actuellement, les organes sont alignés les uns à côté des autres et montés sur un châssis commun, qui est constitué par le réservoir à air, ainsi que le fait voir la figure 14.

La fermeture du contacteur s'effectue, par suite de l'admission de l'air comprimé dans le cylindre, quand la soupape est soulevée électromagnétiquement; le piston se déplace alors et met en contact les pièces qui ferment le circuit; l'interrupteur reste

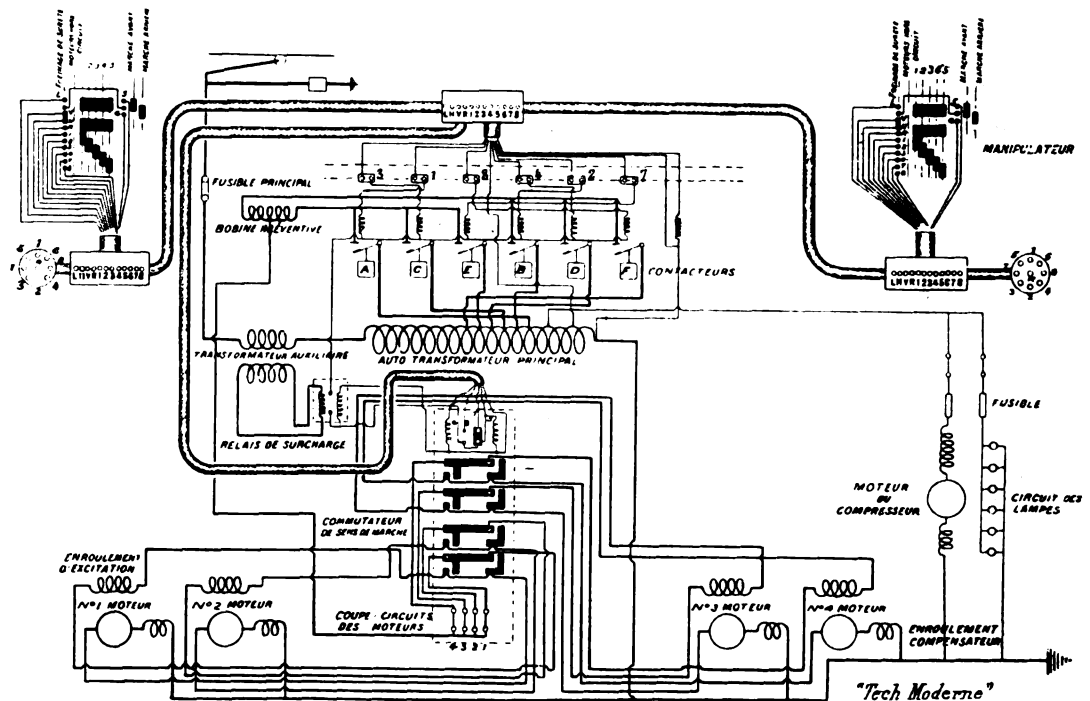


FIG. 15. — Contrôle à unités électro-pneumatiques. — Schéma général d'un équipement Westinghouse pour courant alternatif monophasé.

fermé tant que la pression dans le cylindre est de cinq atmosphères; si le courant d'excitation des électro-aimants des sou-

(1) H. L. Kirker. *Institution of Electrical Engineers*, 1^{er} mars 1904. — J. Reyval. *Eclairage électrique*, 1905, 2^e trimestre, p. 255.

papes est coupé, la soupape retombe, l'air comprimé s'échappe. Le piston est remis en place et le contacteur ouvert sous l'effet d'un fort ressort.

Les arcs aux pièces de rupture du circuit sont soufflés au moyen d'un électro-aimant.

La fermeture de l'un des électro-aimants produit automatiquement la mise en circuit de l'électro-aimant du contacteur correspondant à la liaison suivante. Ce contacteur est maintenu ouvert par un limiteur aussi longtemps que la vitesse du convoi n'est pas telle que l'intensité du courant des moteurs descende à une valeur déterminée.

Le limiteur se compose simplement d'un électro-aimant dont l'armature est maintenue levée par l'effet du courant principal et ouvre le circuit de fermeture du contacteur. L'inverseur se compose d'une pièce isolante portant des segments métalliques et qui est levée et abaissée à l'air comprimé, dans les mêmes conditions que les contacteurs.

Habituellement, l'excitation des électro-aimants des soupapes est assurée par une batterie d'accumulateurs fournissant 14 volts. Comme le courant absorbé est faible, cette batterie est de dimensions relativement réduites; seulement, on la dédouble généralement pour chaque voiture, un groupe étant mis en charge pendant que l'autre travaille. On renverse les phases une fois par jour. Sur le chemin de fer souterrain de Londres, on a substitué à la batterie un petit convertisseur rotatif transformant le courant de ligne, à 500-600 volts, en courant continu à 14 volts.

La description précédente est relative aux équipements à courant continu. Les appareils sont peu différents pour le courant alternatif, en dehors du remplacement des rhéostats par des subdivisions de l'enroulement secondaire du transformateur réducteur.

La figure 15 présente un schéma général des circuits de commande d'un équipement Westinghouse à courant alternatif simple.

L'admission de l'air comprimé dans les contacteurs est réglée par des soupapes, desservies ici par un circuit à basse tension alimenté par un courant alternatif d'une cinquantaine de volts, pris directement au transformateur à un seul enroulement.

Dans certains équipements, et bien que la possibilité d'effectuer le contrôle avec du courant pris inductivement à la ligne fût

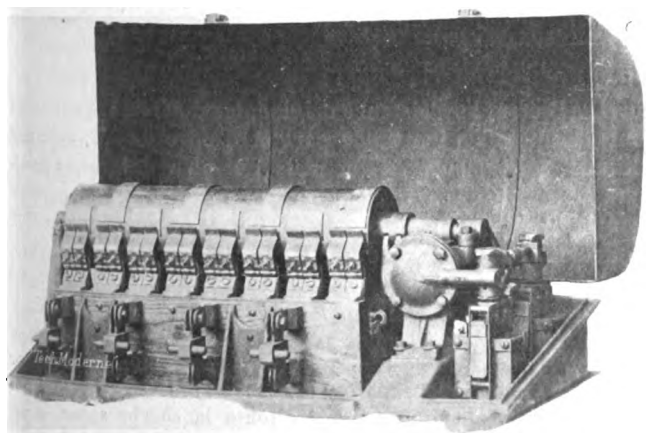


FIG. 16. — Inverseur Westinghouse à commande électro-pneumatique pour équipement monophasé.

considérée comme un précieux avantage de l'alternatif, on a maintenu l'usage de la batterie d'accumulateurs; c'est ce qui a lieu pour les locomotives du tunnel Saint-Clair, aux Etats-Unis, où l'on emploie, pour le contrôle, le courant d'une batterie qu'un petit groupe convertisseur tient en charge.

A part le circuit à haute tension, dont toutes les parties sont enfermées dans des cases ou des gaines verrouillées et les circuits d'éclairage, l'installation comporte un circuit à basse tension pour les moteurs et un circuit, à tension moindre encore, pour le contrôle. Ce dernier est formé d'un câble à huit conducteurs.

L'appareil de contrôle comprend généralement huit éléments; chacun de ceux-ci est muni d'une bobine de soufflage; interrupteurs et bobines sont logés dans des boîtes formées d'une substance spéciale (vulcabeston) et fermées par des couvercles garnis intérieurement d'amiante. Comme dans le contrôle à main, une bobine préventive est insérée sur les liaisons du transformateur avec les moteurs.

L'inverseur (fig. 16) est constitué d'un cylindre isolé sur lequel sont disposés des segments qui font contact avec des doigts fixes; le cylindre est déplacé, dans un sens ou dans l'autre, au moyen d'un cylindre à air dont le fonctionnement est réglé par des valves semblables à celles du contacteur et manœuvrées, comme celles-ci, par l'intermédiaire du manipulateur.

Le manipulateur (fig. 17) se compose d'un tambour et de doigts de contact fixes connectés aux différentes valves électro-magnétiques. La manette est pourvue, conformément à ce que nous avons déjà vu, d'un ressort qui la ramène au zéro en provoquant l'ouverture de tous les interrupteurs dès qu'on la lâche. En se reportant à la figure 16, on suit facilement la manœuvre du manipulateur. Quand le manipulateur est amené sur le premier plot, les éléments A et B du contacteur (1) sont fermés; les prises de courant à 160 et 180 volts sont alors reliées aux extrémités de la bobine de prévention, dont le point milieu est connecté à l'inverseur. En plaçant le manipulateur sur le second plot, on détermine la fermeture de C et l'ouverture de A; le voltage aux bornes des moteurs augmente. Au cinquième plot, les prises à 240 et 260 volts sont connectées à la bobine et les moteurs travaillent sous 250 volts.

Les systèmes de contrôle à unités multiples pour trains d'automotrices sont combinés en général de façon à satisfaire aux principes suivants :

- 1° Chaque automotrice représente une unité indépendante et réglable isolément;
- 2° Tout convoi composé de plusieurs unités est réglable de la cabine de tête et d'une cabine quelconque;
- 3° Le maniement doit être uniforme, de quelque point qu'il se fasse et quel que soit le nombre des véhicules du convoi;
- 4° Un court-circuit local, sur une voiture, doit avoir pour conséquence de mettre automatiquement hors circuit la voiture intéressée, sans qu'il y ait de perturbation dans le fonctionnement des autres voitures motrices;
- 5° En cas d'accident au conducteur, tous les appareils de commutation du convoi entier doivent être instantanément ramenés à la position d'arrêt.

Ces conditions sont remplies dans les systèmes décrits ici et les procédés de contrôle à unités multiples sont considérés actuellement comme tellement avantageux qu'on adopte cette méthode même pour des équipements qui ne doivent pas fonctionner par groupes, en général pour des équipements de grande puissance : notamment les locomotives.

H. MARCHAND,
Ingénieur-Electricien.

(1) Certains constructeurs appellent *contacteur* chaque élément de contrôle; d'autres donnent ce nom à l'ensemble, l'appellation traduisant alors l'expression *switch group* des Américains et des Anglais, le *Stufenschalter* des Allemands. Le manipulateur est encore appelé contrôleur de commande et coupleur; c'est le *master controller* aux Etats-Unis et en Angleterre, et le *Steuerschalter* en Allemagne.



FIG. 17. — Manipulateur Westinghouse pour équipement monophasé.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LA RÉSISTANCE DES CORDAGES
USITÉS EN AÉROSTATION⁽¹⁾

(Suite.)

CAUSES PARTICULIÈRES. — Dans le cordage en chanvre, ce sont les apprêts, les collages, etc., dont nous ne nous occuperons pas, car ce genre de travail est banni de l'aérostation militaire.

Pour les cordages cachoutés, c'est le cachou lui-même qui, comme on l'a vu, rend le cordage plus cassant et peut amener des ruptures brusques, et par suite occasionner des écarts sensibles de résistance en plus ou en moins. Soit $\pm C$ cette cause particulière.

Pour la ramie, le traitement de préparation des fibres, plus que l'existence même du cordage, paraît être la cause de la diminution continue et progressive de la résistance. Si ce traitement venait à être perfectionné, on enregistrerait certainement des pertes moindres de résistance; soit $-M$, cette cause de variation due aux manipulations chimiques. En définitive, nous avons, pour la résistance R' des trois textiles comparée à

variation serait évidemment en sens inverse. En fait, il faut, sans doute, un concours très heureux ou très malheureux de circonstances pour que les deux effets aient le même signe et en même temps une très grande valeur ⁽¹⁾. Dans le cas normal S_i et E_a ont, ou des signes contraires, ou des valeurs assez faibles, de sorte que les variations dues à la somme $\pm S_i + E_a$ sont non seulement peu sensibles, mais encore qu'elles s'atténuent et peuvent même se détruire. C'est ce qu'on peut exprimer en disant que le chanvre dispose d'un volant de résistance. Si S_i est négatif, E_a pourra être positif et la résistance R' différera peu de R . On expliquerait ainsi que les écarts de résistance soient moins considérables que l'analyse précédente aurait permis de le faire supposer. Si on cherche à mettre sous une forme concrète la série de phénomènes précédents, on pourra les traduire par les courbes ci-dessous : 1° Pour le chanvre

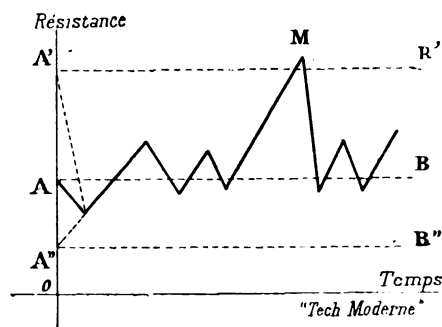


FIG. 1.

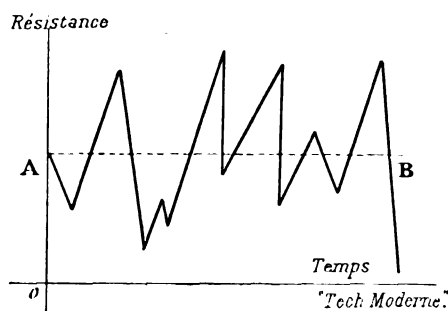


FIG. 2.

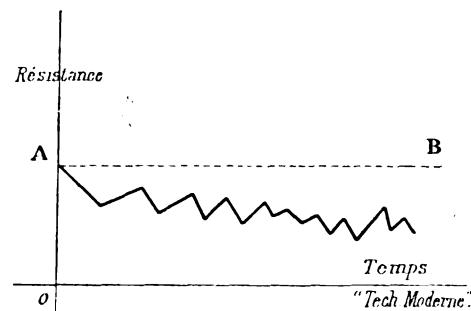


FIG. 3.

la résistance R prise comme terme de comparaison, les trois formules suivantes :

A. Chanvre naturel :

$$(1) \quad R' = R \pm S_i \pm E_a - T.$$

B. Chanvre cachouté :

$$(2) \quad R' = R \pm S_i \pm E_a - T \pm C.$$

C. Ramie :

$$(3) \quad R' = R \pm S_i \pm E_a - T - M_c.$$

Reprenons chaque textile en particulier.

Le chanvre naturel peut, comme il a été dit, subir de grandes variations de résistance du fait de S_i et E_a . Si ces deux effets s'ajoutent et sont par exemple affectés du signe $+$, ils peuvent avoir une somme bien supérieure à T (qui doit avoir une valeur assez faible), et on arrive par suite à ce résultat, paradoxal au premier abord, que le chanvre peut augmenter de résistance en vieillissant. C'est ce que l'expérience confirme. Il suffit de se reporter aux courbes et aux tableaux donnés dans le chapitre relatif au chanvre, pour faire cette extraordinaire constatation. Si au lieu de deux signes plus on avait les deux signes moins, la

naturel, AB étant la résistance origine, les différents essais fourniront des points répartis de part et d'autre de AB , avec une amplitude généralement faible, mais qui pour des essais particuliers correspondant au cas où S_i et E_a s'ajoutent, pourront au contraire être très éloignés de AB (fig. 1) (tel que le point M).

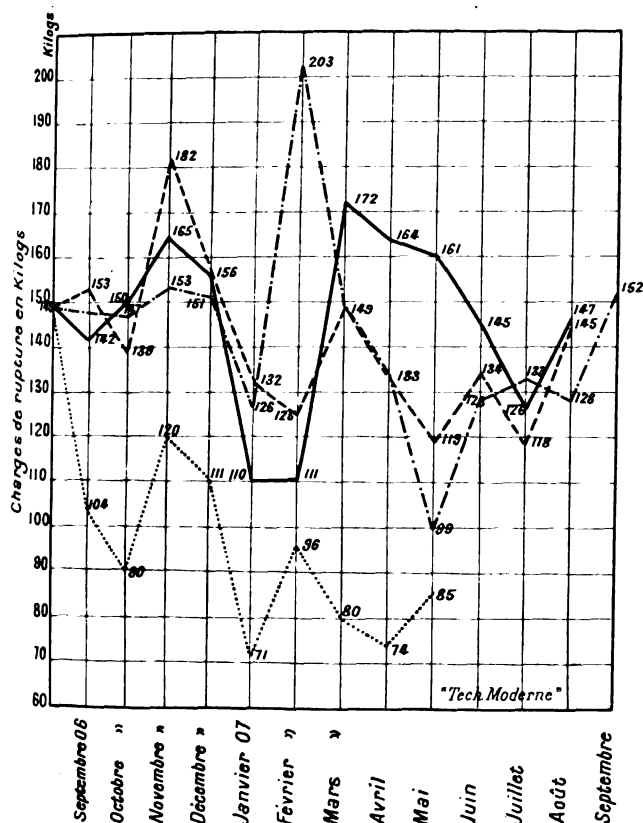
2° Pour le chanvre cachouté, E_a paraît n'avoir qu'une action

(1) On remarquera que si, par hasard, on a pris la résistance primitive en un point où S_i a une valeur primitive très grande et à un moment où E_a est également positif et très grand, on peut avoir pour la résistance origine une valeur $A'B'$ (V. fig. 1) considérable qu'on ne pourra plus retrouver par la suite; toute la courbe serait située au-dessous de $A'B'$ et on pourrait croire à une diminution de la résistance due à T , ce qui n'est pas. (Le cordeau n° 1 en chanvre expérimenté présente cette particularité que tous les chiffres trouvés sont inférieurs à la résistance initiale 350; ils restent d'ailleurs groupés ensuite, ce qui confirmerait que la résistance primitive peut avoir été prise dans les meilleures conditions et qu'elle est ensuite devenue normale). On pourrait d'ailleurs avoir une résistance origine $A''B''$ très faible si on avait eu même S_i et T négatifs et grands en valeur absolue; dans ce cas la courbe serait au-dessus de $A''B''$ (fig. 1). Il semble qu'on ait un exemple du cas où S_i et E_a sont négatifs, grands en valeur absolue et s'ajoutent dans l'essai fait au mois de mai sur le cordeau n° 2. On trouve en effet une résistance de 319 kg., isolée et beaucoup plus petite que toutes les autres (V. feuille d'expériences, n° 3, dans *La Technique Moderne*, t. II, n° 11 (nov. 1910), p. 619).

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 9, p. 481; n° 10, p. 539 et n° 11, p. 615.

restreinte. On voit donc de suite que, contrairement à ce qui se passe pour le chanvre naturel, E_a n'interviendra plus que très peu pour compenser le gain ou la perte de S_i . Prenons un exemple : soient deux cordages *identiques comme fabrication* et ne différant que par le cachoutage, R mesuré pour les deux cordages a donné 480 kg., puisque au début ils sont identiques.

Quelque temps après, on les essaie à nouveau; l'influence de S_i est la même, puisque la fabrication en tant que textile est semblable. Soit par exemple $S_i = -10$ kg.; E_a ayant pour le chanvre naturel plus d'influence que pour le chanvre cachouté, admettons que E_a ait ce jour-là respectivement les valeurs $+15$ kg. et $+3$ kg.; T a la même influence, par exemple -3 kg.



FICELLE N° 4 EN CHANVRE.

Légende.

- Ficelle conservée en magasin.
- - - Ficelle conservée dans une boîte
- . - . - Ficelle mouillée et séchée avec soin.
- Ficelle mouillée et séchée sans soin.

Feuille d'expériences n° 4.

Enfin, au chanvre cachouté, il convient d'ajouter par exemple -3 kg. du fait de C . (V. formule 2).

On a alors :

$$\begin{aligned} \text{Chanvre naturel.} \quad R' &= 480 - 10 + 15 - 3 = 482 \text{ kg.} \\ \text{Chanvre cachouté.} \quad R' &= 480 - 10 + 3 - 3 - 3 = 467 \text{ kg.} \end{aligned}$$

au lieu de 480 kg., résistance primitive.

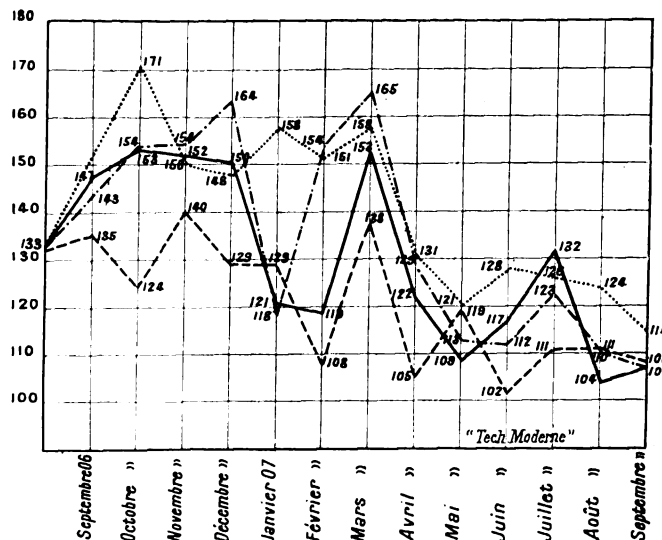
On voit donc que le chanvre cachouté présente un écart bien plus considérable que le chanvre ordinaire.

La même courbe établie comme précédemment offrira une allure plus désordonnée, avec points hauts et bas, disposés sans aucune règle (V. fig. 2).

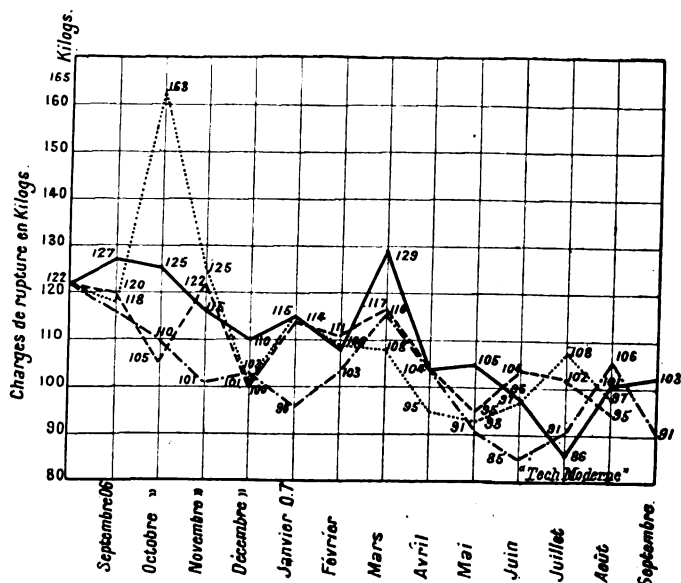
3° Pour la ramie S_i , comme on l'a vu, a peu d'influence, E_a

également et d'autre part T et M_c (V. formule 3) ne prennent pas à un mois de distance de bien grandes valeurs. La courbe de la ramie sera donc plus régulière, avec des sautes moins brusques que celles des deux textiles précédents et, en outre, comme il y a deux termes T et M_c qui sont *toujours* négatifs, il n'est pas étonnant que la résistance aille continuellement en diminuant. La courbe de la ramie sera donc celle de la figure 3, plus régulière et se rapprochant de l'axe des X.

Les courbes ci-dessus ne sont pas des courbes de pure inven-



FICELLE N° 4 EN CHANVRE CACHOUTÉ.



FICELLE N° 4 EN RAMIE.

tion. Il suffirait d'isoler une quelconque des courbes données par les expériences, ou mieux de prendre la moyenne des chiffres trouvés à chaque essai mensuel. La seule inspection des feuilles d'expériences 1, 2, 3, 4 et 5 (1), montre qu'on obtiendrait bien des courbes d'allures semblables aux schémas des figures 1, 2 et 3.

Il n'est pas possible, en terminant, de ne pas dire quelques mots d'une question importante qui concerne la ramie. On a fait état, il y a quelques années, d'altérations aussi rapides qu'inattendues survenues inopinément dans des filets militaires en ramie et on a même signalé à ce sujet des *détériorations rapides* de ficelles en magasin. L'origine de ces variations brusques de

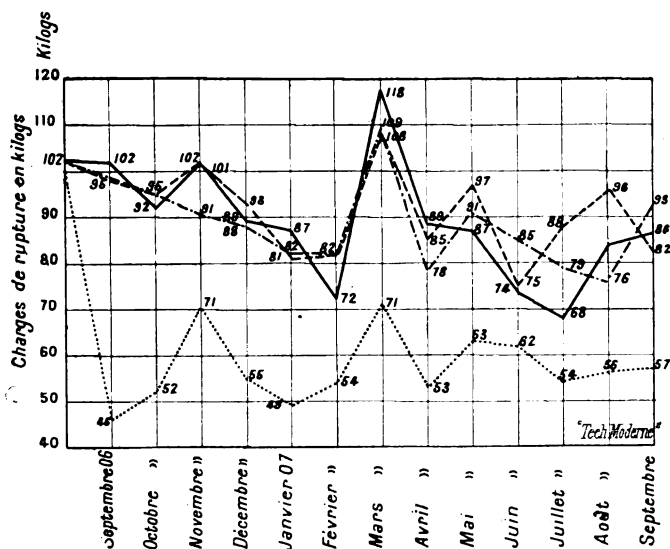
(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), p. 540, 617 et 619; et t. III (1911), p. 25 et 26.

résistance est toujours restée très obscure ; on a parlé de décomposition spontanée, voulant sans doute dire par là que la ramie portait en elle-même les causes de sa destruction. Certes, cela est possible, d'autant plus qu'à l'origine de la fabrication il y a des traitements chimiques. Mais il ne faut pas oublier que dans les parcs aérostastiques, à côté des ballons et des cordages, on manipule (on manipulait surtout autrefois) de l'acide sulfurique. Qu'un hasard malencontreux, qu'un concours de circonstances imprévu, ignoré même de ceux qui le déterminent, qu'une négligence vienne à faire entrer en contact ces deux corps peu faits pour s'entendre, la détérioration se produit, aussi brusque qu'inexpliquée. Ce qui permet d'émettre cette opinion, c'est qu'on a constaté des détériorations identiques dans des filets en chanvre. Or, on a incriminé la ramie et pas du tout le chanvre ;

loin, depuis plusieurs années, aucun fait analogue ne s'est produit. En l'espèce, la ramie ne paraît être la vraie coupable ; elle a supporté les conséquences d'un état de choses défectueux. En raison des avantages qu'elle présente, et en considération des résultats obtenus depuis les détériorations constatées, il n'y a, semble-t-il, aucun inconvénient à l'employer. C'est d'ailleurs en ramie qu'a été confectionné le filet du dirigeable *Zeppelin*.

Ainsi qu'il a été dit au début de cette étude, les expériences dont il vient d'être parlé étaient destinées à permettre de se rendre compte des phénomènes, sans être pour cela dans l'obligation de mettre hors de service un assez grand nombre de filets.

Toutefois, on peut profiter de ce fait que les aérostiers militaires font de nombreux gonflements, pour voir ce qu'on obtenait avec des filets en service normal.



FICELLE N° 3 EN CHANVRE.

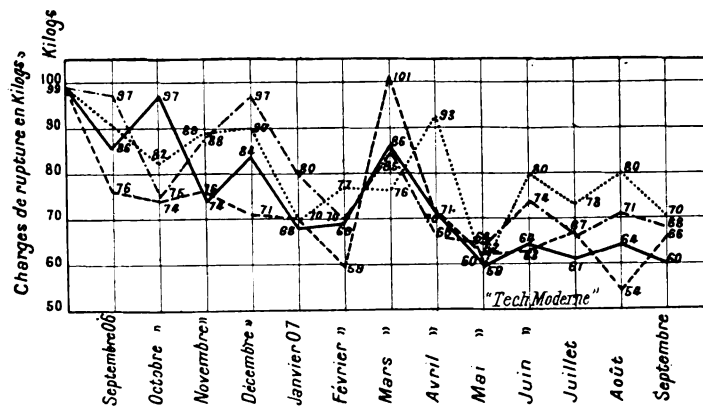
Légende.

- Ficelle conservée en magasin.
- - - - - Ficelle conservée dans une boîte.
- . - . - - Ficelle mouillée et séchée avec soin.
- Ficelle mouillée et séchée sans soin.

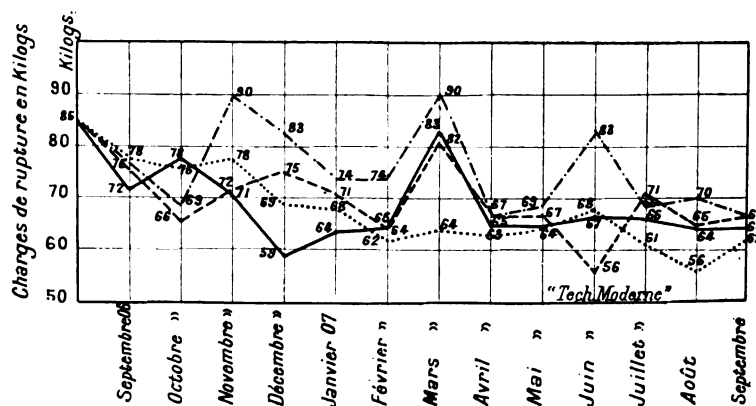
Feuille d'expériences n° 5.

pourtant les deux phénomènes sont comparables et se sont produits dans des conditions semblables. Si, d'autre part, la ramie présentait ce caractère général de décomposition spontanée, on aurait à enregistrer des cas périodiques fréquents et non pas des cas isolés ; enfin, on observerait vraisemblablement ces mêmes altérations dans les filets en ramie que l'on possède depuis de longues années (1). Or, ces filets se comportent très bien, comme le montrent les essais faits aux inspections annuelles. Il est vrai qu'on les manipule très peu et que par suite ils ont moins de chance d'entrer au contact de l'acide. Ne serait-ce pas là le vrai motif de leur bonne conservation ? Le fait d'avoir constaté sur deux cordages en magasin des pertes considérables de résistance ne suffit pas, croyons-nous, pour qu'on rejette impitoyablement la ramie, d'autant plus que, comme on le verra plus

(1) Ces filets sont en définitive placés dans la même situation que les cordages des magasins, et puisqu'on a observé des décompositions chez ceux-ci, il semble qu'on pourrait avoir à en observer aussi chez ceux-là. C'est précisément ce qui n'a pas lieu.



FICELLE N° 3 EN CHANVRE CACHOUTÉ.



FICELLE N° 3 EN RAMIE.

Or, tous les filets sont visités et essayés au moins une fois par an ; dans ces conditions, il a été facile de reprendre les feuilles d'expérience correspondant à un même filet, pendant une période de trois ans. Des chiffres qui y figurent, on a dégagé ceux qui concernent un même numéro de ficelle et on a comparé les résultats à un an d'intervalle. On a alors constaté ce qui suit.

Pour les filets en chanvre ordinaire, les pertes sont en général du même ordre que les pertes moyennes des cordages expérimentés des trois premières catégories ; si on fait intervenir la quatrième catégorie, les pertes moyennes des cordages expérimentés sont supérieures aux pertes moyennes des filets. Cette constatation permettrait de supposer que les filets sont bien entretenus, car, sans cela, ils perdraient beaucoup plus de leur résistance.

Pour les filets en chanvre cachouté, les essais sont moins nombreux et par suite moins concluants. Ils ne portent que sur le filet numéro 79, qui présente trois essais consécutifs. On a précisément constaté, dans les régions faites en ficelle numéro 5 et en cordeau numéro 1, des différences si considérables qu'on a repris des éprouvettes une deuxième fois.

TABLEAU COMPARATIF DES PERTES ANNUELLES MOYENNES DE CORDAGE DE MÊME NUMÉRO, PRIS DANS LES QUATRE FILETS EN CHANVRE N° 60, 62, 63 ET 64 ET DANS LES CORDAGES SOUMIS EN 1907 AUX ESSAIS

NUMÉRO DU CORDAGE	PERTE de résistance pour le filet 60	PERTE de résistance pour le filet 62	PERTE de résistance pour le filet 63	PERTE de résistance pour le filet 64	PERTE pour les cordages expérimentés en 1907 (b)	PERTE pour les cordages expérimentés en 1907 (c)	OBSERVATIONS
	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	
Ficelle n° 3	— 3,6	— 10,2	— 7	— 15,5	— 13	— 20,5	(a) Moyenne des régions B et C.
— n° 4 (a)	— 12	— 3,5	— 5,8	— 6,4	— 21	— 31	(b) Moyenne des 3 catégories.
— n° 5	+ 9,5	— 21,5	— 5,3	— 8,4	+ 9	— 29	(c) Moyenne des 4 catégories.
Cordeau n° 1	— 12,1	— 12,1	— 15	— 1,5	— 25	— 64	
— n° 2	— 18,5	— 26,2	— 40,1	— 24,2	+ 27,3	— 17,5	
— n° 3	— 39	— 45	— 20,7	— 18	"	"	
— n° 4	— 76	— 1,5	"	"	"	"	

Les trois éprouvettes en ficelle numéro 5 ont donné les résultats suivants :

Premier essai	100	219	96
Deuxième essai	74	143	124

On voit la différence énorme qui va de 74 à 219 kg., presque le triple.)

Celles en cordeau n° 1 ont fourni les nombres ci-dessous :

Premier essai	185	164	267
Deuxième essai	130	105	207

La différence entre 105 et 267 est sensiblement dans le rapport de 1 à 2,5.)

C'est la confirmation de ce qu'on a vu, concernant l'extrême inégalité du chanvre cachouté. De plus, ce filet qui continue à être en service en 1908 et 1909, bien que manipulé avec les précautions d'usage, n'a pas une durée supérieure à celle des agrès analogues en chanvre naturel. De plus, par le frottement sur l'étoffe du ballon, la teinture cachoutée s'estompe petit à petit et les mailles finissent par prendre une couleur particulière, qui leur donne l'apparence du vieux cordage usé. Évidemment, il ne saurait y avoir dans ce phénomène une cause de perte de résistance, mais il n'en est pas moins vrai que l'œil est désagréablement impressionné par cet aspect douteux. On est par suite tenté de n'accorder qu'une médiocre confiance à des agrès qui paraissent au premier abord devoir être defectueux. En tout état de cause, il semble permis de dire, d'après les deux expériences simultanées, que le cachoutage ne prolonge pas la durée d'un cordage en chanvre; il empêche seulement la détérioration prématurée qui provient d'un manque de soins. Il convient aussi d'ajouter que, pour être efficace, la teinture par le cachou ne peut donner de bons résultats qu'à condition d'être très bien faite; en particulier, il est indispensable de cachouter les fils de caret avant

de s'en servir pour la confection d'un cordage. Il ne faudrait jamais procéder, comme cela a été fait quelquefois, en cachoutant le cordage après sa fabrication. Les cordages qu'on obtiendrait ainsi ne seraient certainement pas supérieurs à ceux en chanvre non cachouté; ils pourraient même leur être inférieurs.

Quant aux filets en ramie, ils présentent, comme dans les cordages expérimentés, une régularité plus grande, et des variations d'amplitude moins considérables. Certains filets, du reste en grand nombre, enfermés dans des voitures, où par suite de leur mode d'arrimage ils sont à l'abri des influences atmosphériques, n'offrent à un an d'intervalle que des différences de résistance insignifiantes. Si la ramie était sujette à des détériorations spontanées, il est bien extraordinaire qu'il n'en ait été constaté aucune. Or, sur les huit filets en ramie détenus à Versailles, la seule réparation à effectuer a été le remplacement au filet n° 47 du deuxième rang des pattes d'oie porteuses, lequel, même dans les filets en ramie, est fait précisément avec du cordeau en chanvre n° 1.

Ce qui précède concerne des filets restant en magasin. Mais le filet en ramie n° 45, lequel a été utilisé pour des expériences et est resté pendant soixante-quinze jours consécutifs sur un ballon, n'a eu de ce fait à subir aucune réparation importante.

Ainsi donc, le phénomène de détérioration constaté en 1904 ne s'est pas reproduit depuis cinq ans. N'est-il pas permis de penser, en écartant l'hypothèse d'un contact intempestif avec l'acide, qu'il ne s'agissait que d'un fait sinon isolé, du moins non généralisé et, en tous cas, insuffisant à faire condamner à tout jamais un textile comme la ramie, dont les avantages sont par contre très appréciables?

(A suivre.)

Capitaine Do,
du Bataillon des Aéroliers militaires,
Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

CHIMIE INDUSTRIELLE

L'INDUSTRIE DU GOUDRON DE HOUILLE

I. — Généralités.

L'industrie du goudron de houille occupe un des premiers rangs parmi les grandes industries chimiques, tant à cause des importants tonnages de substances mises en œuvre que de la diversité presque infinie des produits dérivés qui forment la partie la plus considérable de la chimie organique.

Le goudron peut être utilisé directement pour la peinture, la fabrication du papier goudronné, le chauffage, le goudronnage des routes, etc.

Le produit principal qu'on en retire par distillation est le brai employé à la fabrication des briquettes, du bitume factice, etc. Viennent ensuite :

Les huiles lourdes, qui sont employées à l'état brut pour le

créosotage des bois, pour l'éclairage, etc...; purifiées, elles donnent différents composés d'un emploi industriel très important, tels que les phénols, la naphthaline, l'anthracène et leurs dérivés. Enfin, les huiles légères, dont on extrait le benzol, le toluène, etc., matières premières de l'aniline et de ses dérivés.

Les matières colorantes sont les plus connues parmi les produits secondaires extraits du goudron; il faut y ajouter aussi toute la classe des explosifs dérivés des phénols et corps analogues.

DÉFINITION, NATURE ET ORIGINE DES GOUDRONS DE HOUILLES. — Les goudrons de houilles prennent naissance dans la distillation sèche des houilles. On sait que ce sont, en somme, des mélanges, de composition variable, de corps aqueux, huileux et solides.

Il en existe deux sources ⁽¹⁾ : les usines à gaz et les fours à coke. Les premières ont considérablement augmenté d'importance au cours des vingt dernières années, et leur production en goudron représentera bientôt les $\frac{2}{3}$ de la production totale de la France. Les fours à coke, dont l'outillage n'a commencé à se perfectionner que dans ces tous derniers temps (fours à récupération de sous-produits), sont susceptibles d'augmenter dans d'énormes proportions leur production, une bonne partie des fours à coke actuellement en service n'étant pas encore outillés pour recueillir le goudron.

Avec les fours modernes, les goudrons de ces deux provenances sont assez voisins comme composition, et les différences de qualité que l'on observe entre eux sont du même ordre que les différences de qualités attribuables soit à la nature des charbons qui ont donné naissance à ces goudrons, soit au mode de distillation plus ou moins rapide et en masse plus ou moins grande.

RENDEMENT DES CHARBONS EN GOUDRON. — Avec des charbons assez riches en matières volatiles (25 à 40 %), on obtient, par 100 kg., de 3 kg. 5 à 6 kg. de goudron.

On a remarqué que le rendement en goudron augmente avec la teneur en oxygène des houilles à gaz. La distillation à basse température donne du goudron plus léger et en plus grande quantité que celle à haute température. Le goudron des cornues verticales et des fours à chambres complètement remplis, et dans lesquels la cuisson dure 12 à 24 heures suivant la contenance des cellules, est particulièrement léger et fluide.

Quand, au contraire, la distillation de la houille est rapide, que les produits distillés sont fortement surchauffés, comme c'est le cas dans certains fours à cornues horizontales par exemple, le goudron devient très épais et contient une forte proportion de naphthaline et de carbone fixe.

RÉCUPÉRATION DU GOUDRON. — On sait comment procèdent les usines à gaz. Le barillet, où le gaz distillé sortant des fours barbote immédiatement dans l'eau et se refroidit à 60° environ, retient déjà la moitié du goudron. L'autre moitié se dépose sans méthode dans des réfrigérants divers. On complète l'arrêt du goudron au moyen de condensateurs par choc, du système de Pelouze et Audouin. Et encore la naphthaline ne se trouve-t-elle pas ainsi toujours suffisamment condensée.

Les fours à coke qui n'ont pas de barillets à gardes hydrauliques, ne procédaient pas plus rationnellement jusqu'à ce jour. L'invention de procédés de sulfatation directe a amené les constructeurs à créer des appareils où le goudron et la naphthaline sont arrêtés à 60-80°, grâce à un lavage intensif du gaz brut par le goudron lui-même ⁽²⁾.

PRODUCTION DES DIFFÉRENTS PAYS. — On peut évaluer à plus de 1 500 000 tonnes la quantité de goudron de houille de diverses

provenances annuellement produit. Sur ce tonnage, l'Angleterre fournit à elle seule plus de la moitié; la part de la France peut s'évaluer à 175 000 tonnes pour les usines à gaz, et le tonnage produit par les cokeries est sensiblement équivalent, s'accroissant d'ailleurs beaucoup d'année en année.

Grâce au développement qu'y a pris, dès le début, l'industrie du gaz, l'Angleterre a eu fort longtemps une suprématie incontestée sur le marché du goudron et de ses dérivés. Aujourd'hui encore, le marché de Londres fixe les cours officiels du goudron brut, des huiles et des brais, mais pour les produits dérivés des huiles, les matières colorantes, l'aniline, les phénols et les benzols, l'industrie allemande s'est affranchie de l'Angleterre; la lutte entre ces deux groupes se poursuit avec acharnement.

La France n'a pas conservé, pour la mise en valeur du goudron, le rang auquel lui donnaient droit les travaux de ses savants et l'importance de sa production de matière première. A part une ou deux maisons importantes fort anciennes et spécialisées dans cette industrie, on n'y rencontre que de petites usines d'importance médiocre et ayant généralement en vue la production d'un sous-produit déterminé pourvu d'un débouché local.

PROPRIÉTÉS ET COMPOSITION DES GOUDRONS. — *Poids spécifique.* — Pris à + 20°, il oscille entre 1,05 et 1,25; le plus souvent il est voisin de 1,15-1,20 avec les fours à gaz à cornues horizontales et de 1,08-1,12 avec les fours à cornues verticales et à chambres; le poids spécifique du goudron de fours à coke est ordinairement voisin de 1,10-1,20.

La densité des goudrons provenant des bogheads et cannels est beaucoup moindre.

Puissance calorifique. — Le pouvoir calorifique supérieur du goudron, sans humidité, varie entre 9 050 et 9 550 calories, d'après les expériences récentes d'Allner, qui a pris toutes les précautions nécessaires pour éviter une combustion imparfaite dans la bombe calorimétrique. D'autres auteurs évaluent ce pouvoir calorifique à 8 400-8 700 calories en moyenne; ces chiffres semblent pêcher par défaut, comme celui de 10 750, donné autrefois par Würtz, péchait par excès.

Le pouvoir calorifique inférieur (produits de combustion à plus de 100°) peut être moindre de 350 à 400 calories que le pouvoir calorifique supérieur.

Composition. — *Teneur en carbone libre :* Le pourcentage de carbone insoluble, dans le goudron, varie de 1 à 40 %; ordinairement, avec les fours à gaz à cornues horizontales distillant à haute température, la teneur est de 20 à 30 %; avec les fours à cornues verticales ou à chambres, elle n'est que de 1,5 à 5 %; avec les fours à coke modernes, elle est voisine des derniers pourcentages indiqués.

Composition centésimale : Elle est ordinairement voisine de : 86 % de carbone, 6 % d'hydrogène et 8 % d'oxygène et azote pour le goudron des cornues horizontales.

Teneur en eau : A la température ordinaire, les goudrons, sortant des fosses de capacité normale où ils ont eu le temps de se décanter pendant plusieurs jours, contiennent de 1 à 10 % et plus d'eau ammoniacale. Les goudrons peu fluides des cornues horizontales en retiennent au minimum 5 %.

Éléments principaux : Le goudron est un mélange très complexe de corps liquides et solides, de combinaisons chimiques, dont beaucoup n'ont pas encore été isolées. Nous donnons les plus connues et les plus importantes, quantitativement parlant, dans le tableau de la page 29.

Proportion des différents constituants : En principe, les goudrons d'usines à gaz (qui utilisent du charbon plus riche en matières volatiles que les fours à coke) devraient contenir une plus grande proportion de produits volatils légers (considérés autrefois comme les plus importants au point de vue économique) que les goudrons de coke. Mais, la distillation de la houille dans les usines à gaz étant faite dans des conditions différentes de la

(1) Nous ne parlerons pas ici de la production des hauts fourneaux et des gazogènes à houille qui n'est pas à envisager en France.

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 6 (juin 1910), p. 359.

QUELQUES CONSTITUANTS CONNUS DU GOUDRON.

(D'après Schilling et Lunge.)

CORPS	FORMULE	POINT de fusion	POINT d'ébullition	COMPOSITION %			
				C	H	O, S ou N	
HYDROCARBURES :							
Série aromatique	Benzol	C ⁶ H ⁶	4°, 5	80°, 4	92	8	»
	Toluène	C ⁷ H ⁸	Liquide	110°	91	9	»
	Xylène	C ⁸ H ¹⁰	»	139°	91	9	»
	Cumène	C ⁹ H ¹²	»	166°	90	10	»
Styrène	C ⁸ H ¹⁰	»	146°	91	9	»	
Naphtaline	C ¹⁰ H ⁸	79°	212°	94	6	»	
Hydure de naphtaline	C ¹⁰ H ¹⁰	Liquide	205°	92	8	»	
Diphénile	C ¹² H ¹⁰	»	240-339	94	6	»	
Acénaphène	C ¹² H ¹⁰	100°	285°	93	7	»	
Anthracène	C ¹⁴ H ¹⁰	213°	360°	94	6	»	
Phénanthrène	C ¹⁴ H ¹⁰	99—100°	340°	94	6	»	
Pyrrhène	C ¹⁶ H ¹⁴	142°	> 360°	95	5	»	
Chrysène	C ¹⁸ H ¹⁴	245°	440°	95	5	»	
CORPS OXYGÉNÉS :							
Acides organiques	Phénol (acide carbolique) . .	C ⁶ H ⁶ O	42°	183°	76,5	6,5	17
	Créosote	C ⁷ H ⁸ O	31°	203°	78	7	15
CORPS SULFURÉS :							
Thiophène	C ⁴ H ⁴ S	»	84°	»	»	»	
CORPS AZOTÉS :							
Inées organiques	Cespidine	C ⁸ H ¹¹ N	Liquide	95°	69	15	16
	Aniline	C ⁶ H ⁷ N	— 8°	182°	77,5	7,5	15
	Pyridine	C ⁵ H ⁵ N	Liquide	116°	76	6,5	17,5
	Picoline	C ⁶ H ⁷ N	»	134°	77,5	7,5	15
	Lutidine	C ⁶ H ⁷ N	»	154°	78,5	8,5	13
	Collidine	C ⁷ H ⁹ N	»	170°	80	9	11
	Leucoline	C ⁷ H ⁹ N	»	235°	83,5	5,5	11
Pyrrhol	C ⁸ H ⁹ N	Liquide	133°	71,5	7,5	21	
Carbazole	C ¹² H ⁹ N	238°	355°	786	5,5	8,5	

distillation dans les fours à coke et, en particulier, la pyrogénéation y étant beaucoup plus intense, il en résulte une teneur finale du goudron en carbone insoluble généralement plus élevée que dans les goudrons de fours à coke.

On trouvera au paragraphe « Rendement de la distillation » des indications sur la nature des goudrons de différentes provenances.

II. — Emplois directs du goudron.

Le goudron brut ou déshydraté, voire même désessencié, est susceptible d'un certain nombre d'applications industrielles directes :

PEINTURE. — Le goudron a trouvé son emploi pour la conservation des matériaux de construction.

On l'applique généralement à chaud sur le fer, la fonte, les maçonneries exposées aux vapeurs acides et à l'humidité. Il est moins convenable pour la conservation des bois, bien qu'on l'étende alors avec de l'huile lourde ou du benzol, parce qu'il ne pénètre pas les pores du bois comme le goudron de Norvège et que l'enduit qu'il forme se fissure souvent.

On se sert aussi pour ces usages de goudrons préparés, régénérés, qui sont des mélanges de brai et d'huiles ou de goudrons déshydratés et d'huiles lourdes.

Le goudron a servi quelquefois à la préparation de vernis grossiers.

DÉSINFECTANT. — L'enduit, que forme le goudron appliqué sur

les murs des endroits humides et malodorants, est considéré comme assainissant.

NOIR DE FUMÉE. — On l'a bien utilisé pour fabriquer du noir destiné à la fabrication de cirage, de couleur et même d'encre d'imprimerie, mais on lui préfère en général la naphthaline brute.

PAPIERS BITUMÉS. — Pour fabriquer du carton pour toiture ou du papier bitumé, on fait passer le papier ou le carton dans un bain bouillant de goudron, ou mieux de brai mélangé d'huile lourde; l'excès est exprimé par pression entre des rouleaux, ce qui aide aussi à l'imprégnation intérieure.

BRIQUETTES. — On l'a quelquefois employé avec des brais secs pour l'agglomération des menus de houille ou de coke, dans la fabrication des briquettes.

CHAUFFAGE. — Les débouchés du goudron sont par moments insuffisants pour la production, qui croît beaucoup avec le développement des fours à coke à récupération.

Lorsque la vente du goudron devient trop difficile et trop peu rémunératrice, les usines à gaz se mettent souvent à l'utiliser pour le chauffage des fours (1).

On peut se demander à partir de quelles limites de prix on a intérêt à substituer le goudron au coke. Théoriquement, l'avantage est en faveur du goudron dès que sa valeur marchande est inférieure à celle du coke multipliée par le rapport de leurs pouvoirs calorifiques inférieurs pratiques, soit $\frac{9000}{6000}$, ou 1,5 en chiffres ronds. Si le coke se vend 25 francs la tonne, l'échange deviendrait avantageux dès que la tonne de goudron se vendrait moins de 37 fr. 50.

En tenant compte des dépenses pratiques en combustible de chauffage et du rendement moins favorable des fours chauffés au goudron :

13 kg. 5 de coke pour 100 kg. de charbon distillé dans un excellent four à gazogène;

12 kg. de goudron par 100 kg. de charbon distillé dans un bon four à goudron;

L'avantage n'est en faveur du goudron (le coke valant 25 francs la tonne) que lorsque son cours descend en dessous de $25 \times \frac{13,5}{12} = 28$ fr. 10.

Il est bien évident que les industriels ont, eux aussi, intérêt à consommer du goudron à la place de charbon, quand son prix tombe à 30, 25 et 20 francs, comme cela se produit parfois. Seules, les dépenses d'installation de ce mode de chauffage peuvent faire reculer les industriels incertains de voir se maintenir assez longtemps les différences favorables entre les prix d'achat de la houille et du goudron.

Chauffage des fours à gaz. — Le procédé le plus ancien qui s'applique aux vieux fours à grille consiste à faire couler (fig. 1) un filet de goudron d'une cuillère en V dans le foyer.

Au début, on s'était efforcé de ne rien modifier d'essentiel dans la construction du four, afin de pouvoir passer du chauffage au coke au chauffage au goudron, et réciproquement, suivant les meilleures conditions économiques d'écoulement des coques et goudrons. Pour améliorer la combustion, on en est arrivé ensuite à augmenter la hauteur de chute et la capacité de la chambre de combustion en supprimant une cornue et en créant, dans le haut de la chambre, une voûte spéciale percée d'ouvreaux.

Il est difficile, avec ce moyen relativement rudimentaire, de

(1) Remarquons qu'on ne produit que 5 % de goudron au plus et qu'on en dépense 12 % au moins pour le chauffage. On ne peut donc s'en servir d'une façon à peu près continue que sur moins de la moitié des fours en service.

bien régler le débit de goudron et l'introduction d'air. Quand la température baisse, le four devient noir. Si le débit de goudron est exagéré, on peut, par contre, fondre les matériaux réfractaires du four. Une bonne partie du goudron se retrouve sur la dalle placée sur l'avant de la grille sous forme de coke et de brai, qu'on brûle plus ou moins régulièrement à l'arrière de la grille qui a été conservé libre.

La température de flamme du goudron étant très notablement supérieure à celle du gaz de gazogène même chaud et brûlé avec

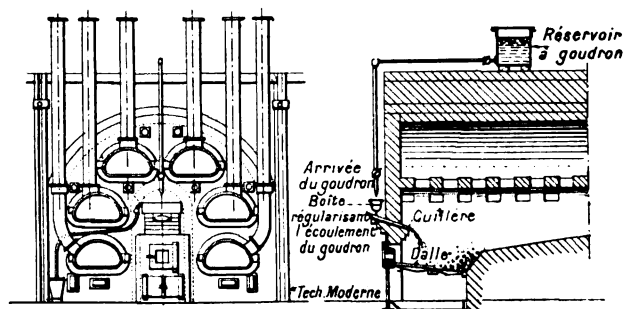


FIG. 1. — Four à grille chauffé au goudron avec la cuillère.

de l'air chaud, on ajoute parfois, dans le but implicite d'éviter la fusion des matériaux réfractaires, un petit filet d'eau au filet de goudron. C'est le même effet (réduction de la température de combustion) que produit la vapeur employée dans les injecteurs dont nous allons parler.

Pour brûler complètement le goudron, qui est un produit hétérogène fort complexe contenant même du carbone insoluble, il faut le pulvériser à un état d'extrême division, de façon à ce que les parties pâteuses, réfractaires à la vaporisation, et les particules solides elles-mêmes puissent brûler.

On a souvent employé, non sans mécompte, pour cet usage des brûleurs étudiés pour l'huile de naphte. La figure 2 représente un injecteur, système Grebel, qui peut se construire très simple-

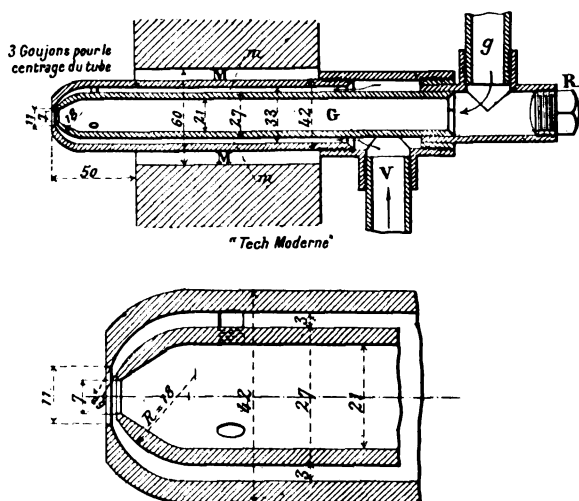


FIG. 2. — Brûleur-injecteur système Grebel.

ment avec des tubes fer du commerce. Le goudron préalablement filtré et réchauffé à une température convenable pour donner, sous une charge constante, un débit constant à travers un ajutage réglé, arrive par la tubulure centrale. Son jet se trouve cisaillé par la vapeur et épanoui en forme de gerbe. La porte du foyer comporte une gaine *a* (fig. 3), qui sert à effectuer la prise de l'air nécessaire à la combustion et son réchauffage préalable au contact de la paroi intérieure de la gaine, qui est portée au rouge par le rayonnement de la flamme. La grille est complètement obstruée. Il n'y a qu'une autre ouverture où peut rentrer

un peu d'air ; c'est celle où est placé l'injecteur. Cet afflux supplémentaire d'air refroidit l'appareil et évite tout charbonnage à son extrémité. La combustion du goudron, obtenue avec des injecteurs bien établis, est absolument complète. La consommation de vapeur ne dépasse pas 1 kg. à 1 kg. 5 par kilogramme de goudron.

La consommation de goudron varie de 10 à 14 % du poids de houille distillée, suivant qu'on brûle plus ou moins bien le gou-

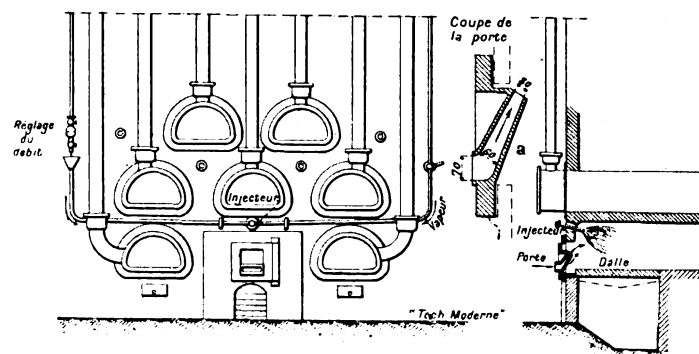


FIG. 3. — Four à grille chauffé au goudron avec l'injecteur Grebel.

dron et qu'on récupère plus ou moins bien la chaleur pour réchauffer l'air comburant.

Dans les fours à grille transformés, il n'existe évidemment aucune récupération. M. Echinard a transformé des fours de Lachomette en fours à goudron. Il a supprimé le gazogène pour créer une chambre de combustion et conservé les récupérateurs qui alimentent le foyer en air chaud.

M. Hovine s'est attaché à ne rien modifier à son four (fig. 4). Le goudron, fourni alternativement par deux vases de Prony et amené par deux tuyaux aboutissant de chaque côté du gueulard, vient ruisseler sur la paroi en talus du gazogène. Il s'y distille

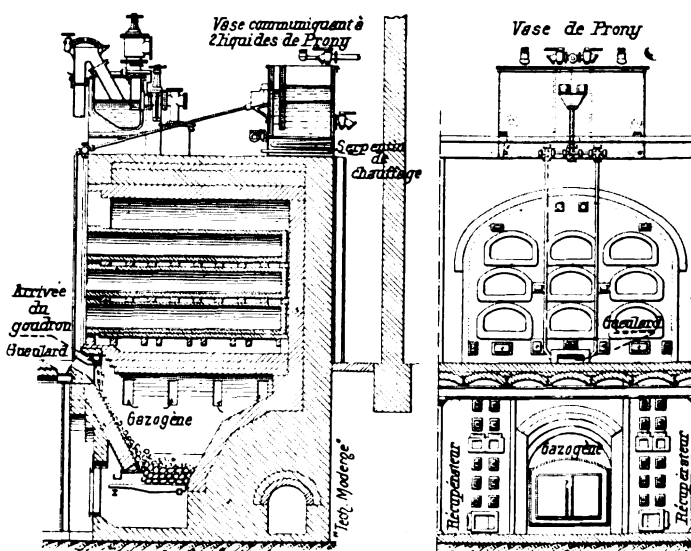


FIG. 4. — Four Hovine à gazogène et récupérateurs chauffé au goudron.

et s'y décompose partiellement dans l'atmosphère réductrice de gaz de gazogène formé sur la grille, où l'on repousse de temps en temps le résidu de coke mêlé de brai qui s'accumule sur le talus. La portion de l'air comburant, destinée à brûler le gaz de gazogène mélangé de vapeurs d'hydrocarbures, qu'on réchauffe dans les récupérateurs, est moindre que dans le système Echinard.

La question de l'écoulement régulier et constant du goudron, difficile à réaliser, a été étudiée en particulier par M. Godinet, président du Congrès de la Société Technique du gaz en 1909.

Chauffages industriels. — On a employé le chauffage au goudron, au moyen d'injecteurs, dans diverses industries chimiques où l'on avait besoin de températures assez élevées obtenues généralement au moyen de gaz de gazogènes alimentés au charbon.

De la baryte était réduite de cette façon dans une sucrerie. Une application de ce chauffage a été faite, pendant plusieurs années, dans une verrerie de Marseille, aux fours à bassin.

L'avantage des combustibles liquides est de permettre non

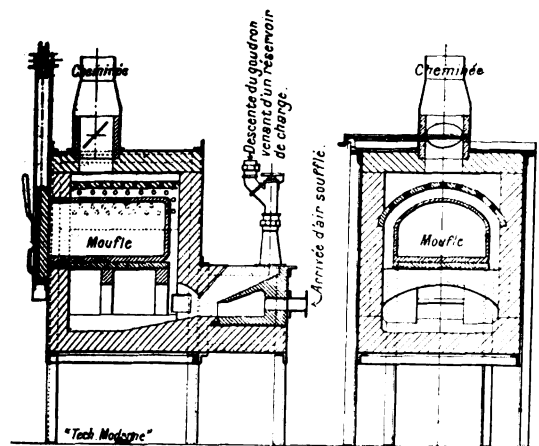


FIG. 5. — Four « Air et Feu » chauffé au goudron.

seulement un réglage précis des calories mises en jeu dans l'unité de temps, mais encore l'obtention de flammes réductrices ou oxydantes à volonté.

On a essayé de chauffer des chaudières à vapeur avec du goudron. Si les résultats n'ont pas toujours répondu aux espérances, c'est qu'on a cru pouvoir adopter purement et simplement les dispositifs des foyers pour mazout, comme ceux de M. Bary, ou des foyers pour l'huile lourde de houille de la Compagnie Babcock-Wilcox, par exemple.

Ces systèmes auraient dû servir de guide aux installations d'essai, mais on n'aurait pas dû oublier que le problème de la combustion complète du goudron est plus délicat que celui de la combustion des mazouts, huiles lourdes de houille, etc.

Quelques maisons françaises et étrangères de construction de forges ont établi des fours chauffés au goudron brut, soufflés au ventilateur. Le goudron se trouve pulvérisé dans sa chute et entraîné par le courant d'air insufflé. Ces fours (fig. 5) peuvent servir pour la trempe, le recuit des métaux, l'émaillage, la cémentation, la fusion des alliages, etc.

Gaz. — Autrefois, à un moment où l'huile lourde de houille se vendait très mal, la Compagnie parisienne a essayé d'en faire du gaz en la décomposant par la chaleur, comme on fabrique du gaz riche avec les huiles lourdes de pétrole, de schiste, etc. On a voulu de même gazéifier le goudron, mais une énorme production de graphite et de noir de fumée causait l'obstruction rapide des cornues et conduits.

En Angleterre, M. Tully a imaginé un procédé élégant qui utilise simultanément deux sous-produits du gaz de houille (coke et goudron), en combinant, dans le gazogène même, une pyrogénéation de goudron à la fabrication ordinaire de gaz à l'eau. Pendant la période qui suit le soufflage à l'air, le goudron est injecté avec la vapeur; il donne de l'hydrogène et du méthane (CH_4); le carbone, qui est libéré, reste dans le coke et se trouve ensuite utilisé avec lui. On obtient ainsi un gaz qui, contenant environ 10 % de méthane et plus d'hydrogène que le gaz à l'eau non carburé, est assez éclairant et possède un pouvoir calorifique assez élevé, voisin de 3.450 calories (gaz à l'eau 2.550 cal.).

L'emploi du goudron a été également proposé pour les gazogènes ordinaires au coke. Le goudron, introduit en mince filet ou par petites injections successives, en un endroit convenable, distillerait, serait décomposé sur le coke incandescent et viendrait enrichir le gaz mixte. Le système Hovine décrit ci-dessus rentre dans la même catégorie d'utilisation directe du goudron.

(A suivre.)

G. et V.

CHIMIE INDUSTRIELLE

L'INDUSTRIE DE LA SAVONNERIE⁽¹⁾

(Suite.)

Les exigences sont particulièrement grandes quand l'huile de coco est destinée à la fabrication des savons de toilette blancs et parfumés; l'huile doit alors répondre au type Cochin et même au type Cochin neige, c'est-à-dire être d'un blanc pur, d'odeur agréable ou tout au moins pas âcre ni rance et ne pas renfermer plus de 1 à 2 % d'acides gras libres. L'huile de coco donne un savon très blanc, très dur, qui se dissout facilement dans l'eau et mousse abondamment, mais provoque parfois des rougeurs et occasionne de l'irritation à certains épidermes sensibles. Ce savon est soluble même dans les solutions salines concentrées, qu'il absorbe et retient en proportions considérables, ce qui permet de l'utiliser comme base de savons à grand rendement.

L'huile de palmiste, qui se comporte à très peu près comme l'huile de coco, est en fait peu employée dans la fabrication des

savons à froid, car elle renferme toujours une proportion d'acides gras libres assez élevée (de 5 à 10 %), qui la rend impropre à cette fabrication, à moins de lui faire subir une neutralisation préalable; elle ne peut d'ailleurs servir à la fabrication des savons de toilette blancs et parfumés en raison de la couleur crème et de l'odeur forte de son savon.

Le suif est très employé en Angleterre et aux États-Unis ainsi qu'en Allemagne; il doit être de couleur claire, jaune et non brunc, d'odeur faible, non âcre et ne rappelant pas l'odeur de brûlé; il doit être pratiquement exempt d'acides gras libres; bref, il doit répondre au moins à la qualité des suifs employés pour la fabrication des savons de toilette par broyage, pelotage, etc. Le suif donne un savon très dur, opaque, très peu soluble dans l'eau et moussant peu; il ne s'emploie donc qu'associé à l'huile de coco, en proportion ne dépassant pas 50 %.

Le saindoux est employé en Amérique; il doit être de couleur claire, de bonne odeur et dépourvu d'acides gras libres; il donne

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 3, p. 162; n° 4, p. 221; n° 5, p. 292; n° 6, p. 352; n° 7, p. 407; n° 8, p. 447; n° 9, p. 488; n° 10, p. 554 et n° 12, p. 694.

un savon très dur, opaque, peu soluble, moussant peu, et s'emploie associé à l'huile de coco en proportion de 30 à 40 %.

L'huile de ricin est employée en petite proportion, 10 % au maximum, pour donner de la transparence au savon; mais au delà de cette proportion réduite, son emploi n'est pas recommandable, car le savon devient sombre, mou et moins mousseux, tandis que sa solubilité augmente.

L'huile d'olive neutre, fraîche, l'huile de coton blanchie par la soude caustique, s'emploient aussi en petite proportion, 5 à 10 %, pour atténuer la dureté du savon de coco et lui donner plus de liant et d'onctuosité.

La température des matières grasses au moment de l'empâtage doit être juste suffisante pour qu'elles soient parfaitement fluides : 26 à 34° pour l'huile de coco et de paluiste (26 à 28° en été, 32 à 34° en hiver), 43 à 48° pour le suif, 36 à 38° pour les mélanges de suif et d'huile de coco, etc. Une température trop basse peut amener la précipitation de la matière grasse au moment de l'addition de la lessive plus froide; une température trop élevée entraîne une saponification trop rapide au moment du mélange de la matière grasse et de la lessive, ce qui donne un empâtage grossier et imparfaitement saponifié.

Les lessives de soude doivent être fortement caustiques et faites avec de la soude caustique 75/77, ou des lessives concentrées de causticité équivalente; elles doivent être parfaitement limpides. Leur concentration varie suivant la matière grasse et le rendement en savon désiré, quoiqu'il soit préférable d'opérer l'empâtage avec une lessive aussi concentrée que possible et d'ajouter ensuite l'augmentation. La concentration la plus favorable est de 38° B. (1358) pour l'huile de coco et l'huile de paluiste et de 36° B. (1330) pour le suif, le saindoux, l'huile de coton, etc. Une concentration supérieure donne un savon grossier et imparfaitement saponifié, et il vaut mieux employer une lessive plus faible que plus forte. Quant à la quantité de lessive employée, elle correspond aux proportions théoriques, et on compte généralement pour 100 kg. d'huile de coco ou de paluiste 50 kg. (1) de lessive à 38° B. (renfermant 31 à 32 % de soude caustique NaOH); pour 100 kg. de suif, saindoux, huile de palme, de ricin, d'olive, de coton, etc., 50 kg. de lessive à 36° B. (renfermant 29 à 30 % de soude caustique NaOH), ce qui constitue les meilleures proportions pour réaliser un savon aussi neutre que possible. Pour donner du liant, de l'onctuosité et augmenter la transparence du savon et en diminuer la dureté, particulièrement pour les savons à froid destinés aux usages de la toilette, on remplace souvent une certaine proportion de lessive de soude (10 à 20 %) par la quantité équivalente de lessive de potasse caustique.

La température des lessives au moment de l'emploi doit être de 21 à 26°, suivant la saison.

La fabrication des savons à froid ne nécessite qu'un matériel rudimentaire. Elle s'opère dans une batteuse ou malaxeur en bois ou en fer, de forme cylindrique, pourvu d'un dispositif d'agitation (arbre à ailette) actionné à la main ou mécaniquement suivant la capacité. Les petites batteuses jusqu'à 300 kg se font généralement en bois et sont actionnées à la main par une manivelle; les battenses plus grandes sont en tôle et l'agitateur est actionné mécaniquement. Les batteuses portent habituellement une ouverture pratiquée dans le fond ou à la base des parois, fermée par une trappe à coulisse, pour la vidange de l'empâtage; les petites batteuses se vident quelquefois simplement en les inclinant jusqu'à renversement.

L'empâtage formé dans la batteuse se coule dans des mises généralement mobiles et démontables en bois ou en fer, de faible

hauteur. Les mises en bois sont préférables, car elles conservent mieux la chaleur dégagée par la saponification et qui favorise l'achèvement de cette dernière.

La fabrication elle-même s'opère de la façon suivante :

La matière grasse, clarifiée par dépôt ou filtration, est introduite dans la batteuse à une température juste suffisante pour qu'elle soit parfaitement liquide. L'agitateur est mis en mouvement et la lessive ajoutée lentement et mélangée à l'huile par une agitation énergique et régulière; celle-ci n'est arrêtée que lorsque l'émulsion forme une crème homogène, épaisse, ne coulant plus sur la spatule ou la truelle, et conservant les signes que l'on peut tracer à sa surface. Il est inutile de prolonger le battage au delà de ce point, car pour l'homogénéité de l'empâtage et la perfection de la saponification, il n'est pas désirable que celle-ci s'opère pendant le mélange de la matière grasse et de la lessive, mais seulement après le coulage de l'émulsion dans les mises; en fait, on constate qu'en prolongeant le battage au delà de la prise en émulsion homogène et épaisse, celle-ci tend à se diviser dans les mises.

La masse émulsionnée à point est alors coulée dans les mises et celles-ci sont couvertes et abandonnées à elles-mêmes à température douce; la saponification se développant engendre un dégagement de chaleur considérable qui en facilite l'achèvement, puis la masse se refroidissant durcit en perdant sa transparence. Il est essentiel, pour que la saponification soit aussi complète que possible dans toute la masse, que celle-ci ne se refroidisse pas trop rapidement et qu'au contraire la chaleur dégagée spontanément s'y conserve : c'est pourquoi les mises en bois sont préférables aux mises en fer, et pourquoi les mises pleines doivent être abandonnées couvertes dans une salle à température douce. Il ne faut toutefois pas que la température de la masse pendant la saponification s'élève au-dessus de 45° environ, car au delà d'une certaine température variable avec la concentration de la lessive, il y a séparation de la lessive et corps gras, et il convient en été de prendre les dispositions nécessaires pour éviter cet accident, en laissant les mises non couvertes ou dans une salle plus fraîche.

Le savon solidifié est extrait des mises au bout de trente-six à quarante-huit heures suivant la température ambiante et la capacité des mises; il est ensuite découpé et façonné suivant les convenances, comme tout autre savon.

La concentration maximum des lessives à 36-38° B. et leur emploi en quantité correspondant théoriquement à celle nécessaire à la saponification des matières grasses, déterminent le rendement de celles-ci, 150 % en savon pur et la teneur maximum en acides gras de ce dernier, 63 % environ, qui est celle des meilleurs savons à froid, en particulier ceux destinés à la toilette.

Mais la facilité avec laquelle le savon de coprah absorbe et retient les solutions salines concentrées permet d'augmenter considérablement le rendement et de le porter à plus de 400 à 500 % par addition de solutions salines diverses, à l'empâtage avant de le couler en mises.

Les solutions employées le plus généralement sont les solutions de sel, de carbonate de soude, de carbonate de potasse, de chlorure de potassium, de sucre, de borax, de silicate de soude et de potasse, auxquelles il faut ajouter des substances solides, comme le talc, la fécule, etc.

L'eau salée augmente la dureté du savon, mais elle le rend grossier, brisant et opaque; employée en excès, elle rend le savon hygrométrique et humide.

Le carbonate de soude augmente le pouvoir détersif du savon et aussi la faculté d'absorber les solutions salines d'augmentation comme le silicate, mais il tend à former des efflorescences à la surface du savon, surtout en hiver.

Le carbonate de potasse augmente le pouvoir détersif du savon; il rend celui-ci plus mou, plus liant, plus onctueux, plus transparent, et s'associe par suite parfaitement à l'eau salée;

(1) La quantité théorique serait de 60 kg., mais l'expérience a montré qu'avec cette proportion le savon est trop alcalin, trop grossier et irritant pour la peau; il s'ensuit que la saponification de l'huile de coco est toujours nécessairement incomplète.

employé en excès, il tend à donner un savon hygrométrique, attirant et condensant l'humidité.

Le chlorure de potassium se comporte de façon identique; toutefois, il n'a pas d'action détersive propre.

Le sucre rend le savon transparent et il est très employé dans la fabrication des savons de toilette transparents; employé en excès, il rend le savon hygrométrique.

Le borax ne peut s'employer qu'avec ménagement, car il tend à former des efflorescences à la surface du savon.

Le silicate de soude donne de la transparence au savon, mais celui-ci en séchant devient opaque et prend une consistance de pierre. Il doit être associé aux sels de potasse de préférence.

Le sulfate de soude tend à rendre le savon humide et doit être employé avec ménagement.

Les solutions salines s'introduisent dans la batteuse quand l'empâtage atteint la consistance voulue; on l'incorpore à l'émulsion par agitation énergique et l'on coule ensuite la masse dans les mises comme à l'ordinaire.

Il va sans dire que les savons à froid augmentés, quoique plus résistants à la dessiccation et à la déformation que les autres savons augmentés, grâce à la présence de la glycérine, perdent rapidement l'excès d'humidité qu'ils ont absorbée et ne tardent pas à se déformer et même à se recouvrir d'efflorescences salines.

B. — Savons d'empâtage à chaud.

Les savons d'empâtage à chaud s'obtiennent de façon analogue aux savons à froid, par simple combinaison de la matière grasse et de la quantité correspondante de lessive, mais l'empâtage s'opère à température plus élevée, de façon que la saponification s'opère simultanément.

Ces savons sont connus sous le nom de savons *mi-cuits*, faisant allusion à leur procédé de fabrication. Celle-ci peut s'opérer de trois façons différentes, selon que l'empâtage se fait à température relativement basse vers 80-90° degrés sans ébullition consécutive, ou que l'empâtage effectué vers 80-90°, la saponification se complète à l'ébullition, ou enfin que la saponification s'effectue sous pression.

Le premier procédé qui se rapproche du procédé à froid est naturellement celui qui donne les savons les plus inférieurs, car la saponification est nécessairement incomplète si l'on n'emploie que la quantité théorique de soude, et en général on en emploie un excès pour le compléter, de sorte qu'il en résulte des savons alcalins; ce sont à proprement parler ceux-ci qui constituent les savons *mi-cuits*. Le second procédé, comportant l'ébullition de la matière grasse avec la lessive, permet d'obtenir une meilleure saponification et des savons moins alcalins; ceux-ci sont encore connus sous le nom de savons *mi-cuits* ou *mi-cuits bouillis*.

Le troisième procédé n'est employé qu'en Angleterre; il consiste à opérer la saponification sous pression à haute température permettant d'obtenir une saponification complète avec la quantité théorique de lessive; il donne donc des savons comparables aux savons relargués et liquides et pratiquement aussi bien saponifiés et aussi neutres.

Tous ces savons, lorsqu'ils sont faits avec les matières grasses neutres, renferment la glycérine qui résulte du dédoublement de celles-ci, ce qui atténue l'effet irritant de l'alcali en excès; la présence de la glycérine a encore pour effet de réduire le déchet de dessiccation et la déformation de ces savons à la longue; enfin, elle facilite l'augmentation en donnant plus de stabilité au savon dans les solutions salines, et par son hygroscopticité, elle retient dans une certaine mesure les efflorescences salines qui se produisent par la dessiccation et le froid à la surface des savons fortement augmentés.

Toutefois, la valeur de plus en plus grande de la glycérine et les progrès croissants de la déglycération des matières grasses font que beaucoup de savons d'empâtage à chaud, particuliè-

rement en Allemagne, se font maintenant avec les acides gras.

La fabrication des savons d'empâtage à chaud, comme celle des savons à froid et pour les mêmes raisons, nécessiterait des matières premières de choix, si l'on désirait obtenir des produits d'aussi bonne qualité que possible, mais comme en général elle n'a pas d'autre but que de réaliser des savons à grand rendement, à bas prix, dont la qualité est généralement tenue pour secondaire, le choix des matériaux est moins rigoureux.

Les matières grasses les plus couramment employées sont l'huile de coco ou de coprah, l'huile de palmiste, l'huile de palme, les suifs, les graisses. L'huile de coco, l'huile de coprah et l'huile de palmiste sont de beaucoup les plus employées, en raison de la propriété précieuse que possèdent leurs savons d'être solubles dans les solutions salines concentrées et de les absorber et de les retenir en grande proportion, tout en donnant un savon consistant, ce qui permet de faire des savons à grand rendement. La résine s'associe aussi souvent aux matières grasses pour augmenter la solubilité et le pouvoir détersif du savon, spécialement lorsque celui-ci est destiné au lavage avec l'eau de mer ou les eaux dures; il ne faut pas perdre de vue que la résine ne supporte pas l'augmentation et diminue la faculté d'absorption des autres savons à cet égard.

Les lessives caustiques doivent être aussi caustiques que possible et sont généralement faites avec les sodes 70-72 % ou les lessives caustiques à 37-38 degrés alcalimétriques. La concentration varie suivant la matière grasse; elle est réglée par ce fait que le savon formé doit rester dissous dans la lessive non encore combinée et ne pas être relargué. Les lessives sont donc moins concentrées que pour la fabrication des savons à froid, où le mélange de l'huile et de la lessive constitue plutôt une émulsion dont la saponification s'opère surtout dans les mises. La concentration la plus favorable est de 22° B. pour l'huile de coco ou de coprah, 20° B. pour l'huile de palmiste, 10 à 11° B. pour le suif, 16 à 18° B. pour l'huile de palme.

La fabrication s'opère dans des chaudrons chauffés le plus généralement à feu nu, quelquefois par serpentins ou double fond à circulation de vapeur (en Allemagne même à vapeur directe ou barboteur), pour les savons *mi-cuits* ou *mi-cuits bouillis* ordinaires, et dans des autoclaves pour les savons saponifiés sous pression. L'agitation de la masse se fait ordinairement à la main avec un rable ou rediable; quelquefois les chaudrons sont munis d'un dispositif d'agitation mécanique.

Savons mi-cuits. — Les savons *mi-cuits* ordinaires se font par empâtage à température relativement basse, 80 à 90°.

La matière grasse est mise en chaudron (la résine, s'il y a lieu, s'ajoute concassée en menus morceaux de façon à ce qu'elle se dissolve dans les matières grasses), et lorsqu'elle arrive à la température indiquée, on y ajoute peu à peu les deux tiers de la quantité de lessive théoriquement nécessaire à la saponification; à l'aide d'un rediable ou d'un agitateur mécanique, on opère le mélange de la matière grasse et de la lessive à mesure que celle-ci arrive au contact de la première; il se produit d'abord une émulsion laiteuse, puis celle-ci épaissit brusquement au point qu'il arrive qu'elle se prenne en masse compacte. C'est l'empâtage, caractéristique de la saponification qui se produit avec un dégagement de chaleur considérable, et la masse s'élève dans le chaudron en bouillonnant et écumant. Le chauffage doit être modéré et même supprimé dès l'arrivée de la lessive pour éviter que la masse en chaudron ne déborde au moment où la saponification se déclare. On y ajoute le complément de la lessive en continuant le madrage pour éviter la prise en masse ou dissiper les « mottes » qui ont pu se former; l'écume qui recouvre la masse d'abord grise, lourde et grasse, devient plus blanche, plus fine, plus légère et finalement s'affaisse quand la saponification est opérée. On a alors une masse de savon liquide, brillant, ayant la consistance d'un sirop; sa réaction doit être nettement alcaline et légèrement caustique à la langue; sinon on y ajoute un léger

excès de lessive nécessaire pour que le savon soit de bonne consistance et résiste au rancissement et aussi pour qu'il supporte bien l'augmentation.

Celle-ci s'opère à l'aide des mêmes solutions salines employées pour les savons à froid : solutions de sel, de carbonate de soude et de potasse, de chlorure et de sulfate de potassium, de sulfate de soude, de sulfate d'alumine, d'alun, de silicate de soude et aussi avec des matières solides, telles que le tale.

Ces solutions de concentration réglée pour ne point amener de relargage de l'empâtage, s'ajoutent à celui-ci dès que l'écume est complètement dissipée et s'incorporent par madrage, sans chauffage.

En France et en Allemagne, les solutions de sel, de carbonate de potasse et de silicate de soude sont les ajoutées les plus couramment employées; en Angleterre, on emploie en outre le sulfate d'alumine et l'alun. Le silicate de soude est l'ajoute d'élection, en ce qu'elle permet d'atteindre des rendements presque illimités (1 200 et même 1 500 %/o); comme le sel tend à le précipiter, son emploi en présence de l'eau salée nécessite des précautions: il demande au contraire une pâte présentant un excès d'alcali et s'ajoute à celle-ci à aussi basse température que possible au moment du coulage en mises.

Le savon fini se coule à température d'autant plus basse (de 45 à 60°) qu'il est plus augmenté; le coulage s'opère généralement sur sol talqué. La solidification demande de vingt-quatre à quarante-huit heures suivant la saison, le degré d'augmentation de la pâte et la hauteur des pains.

Savons mi-cuits bouillis. — La fabrication des savons mi-cuits à l'ébullition s'opère de la façon suivante :

La matière grasse est introduite dans le chaudron (avec la résine concassée s'il y a lieu) et chauffée vers 80-90°; la lessive (à concurrence des deux tiers de la quantité théorique) est alors ajoutée peu à peu et mélangée à l'huile par agitation ou madrage, de façon à réaliser une émulsion qui ne tarde pas à s'empâter avec une vive réaction. On continue le madrage afin de désagréger les mottes ou grumeaux qui peuvent se former, et le bouillonnement causé par le dégagement spontané de chaleur dû à la saponification étant calmé, on active légèrement le chauffage pour entretenir une douce ébullition. C'est pendant celle-ci qu'on ajoute le complément de la lessive, tout en madrant pour faciliter sa combinaison avec l'huile restée libre. L'écume grise et grasse qui recouvre la masse devient de plus en plus blanche,

fine et légère et finalement disparaît complètement. On prolonge l'ébullition une demi-heure ou une heure après la dernière addition de lessive, afin d'achever la saponification; à ce moment, le savon en chaudron offre l'aspect d'une pâte fluide ou d'un liquide sirupeux, filant, homogène, transparent et brillant, dont la surface se moire au contact de l'air froid; il doit avoir une réaction légèrement caustique à la langue.

L'ébullition terminée, on incorpore l'augmentation, constituée comme précédemment par des solutions salines ou des matières solides.

La fabrication des savons mi-cuits bouillis s'opère encore parfois de façon un peu différente, particulièrement quand le chauffage des chaudrons s'effectue par serpentins de vapeur ou par barboteur, comme en Allemagne.

Dans ce cas, pour éviter l'encrassement des serpentins au moment de l'empâtage, on introduit la lessive dans le chaudron (les deux tiers de la quantité nécessaire); pendant qu'elle s'échauffe, on ajoute la résine s'il y a lieu et, quand elle arrive à l'ébullition, on introduit peu à peu l'huile, en agitant ou en madrant vigoureusement, de manière que la combinaison s'opère au fur et à mesure de l'arrivée de l'huile; la masse épaississant, on ajoute le complément de la lessive et l'on continue à madrer jusqu'à ce que l'on ait une pâte homogène, que l'on abandonne à une douce ébullition comme précédemment.

Il va sans dire que, lorsque le chauffage se fait par barboteur de vapeur directe, il doit être tenu compte de l'eau de condensation qui reste dans l'empâtage, et pour cela, on emploie des lessives ayant 2 à 3° B. de plus que si le chauffage s'effectue par serpentins clos. D'ailleurs, l'empâtage étant terminé, l'ébullition consécutive s'opère à l'aide de serpentins clos.

En définitive, la fabrication de ces savons ne se distingue guère de la précédente que par une ébullition plus ou moins prolongée après l'empâtage, ayant pour effet de réaliser une saponification plus complète. Comme cette ébullition entraîne une évaporation assez considérable, la concentration des lessives est tenue un peu plus faible que pour les savons mi-cuits ordinaires.

(A suivre.)

E. BONTOUX,

*Ingénieur Chimiste (E. C. I. L.)
des Etablissements Rocca, Tassy et de Roux
et de la Société Anonyme
des Savonneries de la Méditerranée.*

INDUSTRIE DE L'AUTOMOBILE

NOTES SUR LE XII^e SALON INTERNATIONAL DE L'AUTOMOBILE

(PARIS, 3-18 DÉCEMBRE 1910)

En 1908, on s'accordait généralement à déclarer que les Salons automobiles n'étaient plus intéressants, que l'industrie possédait enfin des types bien définis, que le besoin de faire toujours mieux, surexcité par les Expositions, ne correspondait plus à une évolution normale dans la voie du progrès, mais bien aux exigences de la mode.

En 1909 il n'y eut pas de Salon, mais l'année 1910 devait, logiquement, nous montrer dans son Salon les types 1908 si bien définis, tels qu'ils étaient jadis, et sans modifications bien nettes.

Or, nous constatons des tendances nouvelles, de petites révolutions dans la conception des organes principaux des voitures automobiles. Ces modèles nouveaux qui n'ont pas été créés pour

le Salon de 1910, prouvent que l'industrie automobile n'a pas encore des données invariables de construction, qu'elle tend toujours vers le progrès et que, dans ces conditions, les Expositions sont toujours utiles pour que l'acheteur puisse juger en connaissance de cause et contribuer ainsi à l'évolution de cette industrie.

Ayant exprimé notre satisfaction de la renaissance des Salons automobiles et notre désir de les voir se renouveler, nous nous proposons de dégager, de nos impressions de visiteur, les enseignements que nous a donnés le Salon de 1910.

LA SIMPLIFICATION DANS LA CONSTRUCTION. — La disposition

d'ensemble des châssis est toujours la même, la simplification restant la règle, sauf pour certaine voiture de marque anglaise, qui a tenu à se faire remarquer par un nombre incalculable de petites bielles, de joints rotulaires, de renvois de mouvement compliqués à plaisir, ornant le carter du moteur.

Quels avantages peut-on tirer de telles complications ?

Existeraient-ils même qu'il faudrait y renoncer bien vite pour fuir la forêt des petites bielles.

Il ne faut pas, par contre, simplifier à outrance et perdre certains bénéfices du fait de la simplification ; c'est pourquoi nous avons été heureux de constater le retour de la manette d'avance à l'allumage. La magnéto, depuis son apparition, avait fait prévaloir cette conception de l'avance à l'allumage automatique.

La magnéto, en effet, du fait de son fonctionnement, assure l'avance qui convient à la vitesse angulaire du moteur.

Mais la composition du mélange gazeux influe beaucoup sur ses propres conditions d'allumage. Le moment où l'allumage doit se produire est tributaire de cette composition ; l'avance ne varie pas suivant une loi bien définie avec la vitesse angulaire, et la composition du mélange entrant en jeu, il y a lieu, pour réaliser le meilleur allumage, de pouvoir, par un réglage simple de l'avance, tenir compte du poids spécifique variable de l'essence, de la pression atmosphérique du lieu traversé par la voiture, de l'état hygrométrique de l'air, tous facteurs qui interviennent dans la composition du mélange tonnant.

Nous ne voulons pas abandonner la question de l'allumage sans mentionner la nouvelle magnéto, qui permet l'allumage en deux points de la masse gazeuse par le seul courant de la magnéto et à l'aide de deux bougies. Cette prétendue nouveauté, dont on a beaucoup parlé, a remis en discussion une question résolue depuis longtemps. Il y a quelques années, en effet, alors que l'allumage se faisait par bobine d'induction et accumulateurs, on montait souvent deux bougies en série dans la culasse, réalisant ainsi, à l'intérieur du moteur, le phénomène de disruption que l'on rencontrait dans certaines autres bobines où un petit organe, nommé disjuncteur, venait provoquer, par une coupure du courant secondaire, une étincelle extérieure. En réalité, dans ce dernier système, il y avait toujours bien deux bougies, en série, mais, seule, l'une d'entre elles était à l'intérieur de la culasse. La disruption rendait l'étincelle plus fulminante, et l'accroissement de puissance, qui en résultait pour certains moteurs, était la preuve évidente que l'allumage de ces moteurs était primitivement mal établi, soit du fait de l'énergie insuffisante du courant primaire, soit du fait de la bobine mal construite, soit enfin à cause de la position défectueuse de la bougie à l'intérieur de la culasse.

Avec la nouvelle magnéto, on cite le cas suivant : Un moteur donnait 30 chevaux, avec une avance énorme il en donnait 35 ; avec la nouvelle magnéto il en donne désormais 36 et cela sans avance. L'effet de l'étincelle était évidemment insuffisant dans le premier mode d'allumage, puisqu'il fallait faire un allumage anticipé pour provoquer un accroissement du travail par cylindrée. De cette façon, comme on ne pouvait donner toute l'avance nécessaire pour faire rendre le maximum de travail à la cylindrée, la double étincelle de la nouvelle magnéto a atteint ce résultat. Ainsi la preuve fut faite que le courant de la première magnéto était insuffisant, à moins que, cependant, la bougie unique du premier cas ne fût mal placée. Ce raisonnement rappelle aussi que, lorsque l'on veut faire une démonstration, il est indispensable de comparer des choses comparables ; or, rien ne nous indique que, dans l'expérience précitée, les deux magnétos étaient rigoureusement semblables ; de plus, on allumait avec une bougie dans le premier cas et deux dans le second, et la première pouvait n'avoir pas l'effet voulu du fait de son emplacement.

Sous ces réserves, nous ne pouvons qu'approuver, d'ailleurs, les recherches tendant à rendre l'allumage plus efficace, puisque,

dans certains cas, celui-ci pourra obvier à des défauts de construction du moteur, tels que l'emplacement défectueux d'une bougie. Il est utile d'ajouter qu'un bon allumage n'entraîne pas la suppression de l'avance possible d'allumage et cela pour les raisons données précédemment. La souplesse dans le fonctionnement du moteur à mélange tonnant est une qualité que l'on doit s'efforcer de réaliser et on ne saurait l'obtenir, indépendamment des données de construction relatives à la distribution, sans avoir étudié complètement les problèmes de la carburation et de l'allumage.

LE MOTEUR. — Examinons maintenant le moteur au point de vue descriptif.

Les cylindres se rapprochent les uns des autres et le monobloc est très en faveur pour les 6 cylindres.

Les soupapes sont souvent cachées dans un carter amovible. Il s'ensuit que la voiture est plus silencieuse et que les organes sont mieux protégés contre la poussière.

Certains carters de moteurs ont de plus de grandes portes de visite, ce qui donne aux moteurs l'aspect des moteurs utilisés dans la navigation.

N'est-ce pas en mer que le moteur doit être le mieux protégé et du plus facile accès pour la visite des organes ? Les conditions, imposées par les difficultés qu'entraîne cet usage spécial, ont puissamment contribué à l'amélioration de la construction du moteur et il était, par suite, logique de voir les voitures automobiles bénéficier des études poursuivies dans cette voie et des solutions adoptées.

On rencontre aussi, assez fréquemment, le moteur en V à angle peu ouvert, très compact. Il y a là une tendance à suivre avec attention.

A l'intérieur du moteur, nous trouvons, chez de nombreux constructeurs, des portées très longues de coussinets, remplaçant les roulements à billes que d'autres conservent. L'avantage du roulement à billes, au point de vue du rendement mécanique, est bien faible. Nous croyons cependant à son avenir, car il participe de cette règle invariable du progrès en matière de moteurs de voitures : « diminuer le poids, restreindre l'encombrement ».

Toujours en vue de rendre le moteur plus silencieux et aussi d'accroître la précision de la commande de la distribution, celle-ci se fait assez souvent par une chaîne continue Renold, assez large et à articulations très rapprochées.

Le graissage du moteur, dans certaines voitures, comporte une petite pompe qui, dans le bâti, élève l'huile jusqu'à une rampe d'où elle tombe sur les têtes de bielles.

Le carter du moteur doit être rigoureusement étanche. Ce dispositif supprime toutes les canalisations extérieures et les compte-gouttes.

Nous croyons cependant à l'avenir du graissage sous pression, avec circulation interne, qui d'ailleurs est le plus fréquemment employé.

Les tuyauteries d'alimentation tendent à disparaître, ce qui est un grand progrès, entraînant parfois, il est vrai, la complication d'un réservoir sous pression. Le carburateur est placé le plus près possible du moteur : on évite ainsi des pertes de charge qui se traduisent par une diminution de la puissance du moteur et par une augmentation de la consommation spécifique.

Nous insisterons, un instant, sur ce point de théorie.

Si, dans un moteur, on a un dispositif qui nuit au parfait remplissage de la cylindrée, non seulement la puissance volumique (c'est-à-dire la puissance rapportée à la cylindrée-secondaire) diminue, mais de plus la consommation spécifique augmente. Il y a une moins bonne utilisation du mélange tonnant pour raison que le remplissage étant moins parfait, la compression, qui est fonction du volume de mélange introduit, est moins élevée. La conséquence de ce fait est, d'une part, une diminution du travail par cylindrée, d'où résulte une diminution de la

puissance et, d'autre part, une diminution du rendement thermodynamique, d'où résulte un accroissement de la consommation spécifique.

Ces considérations sont celles que développent les partisans du moteur sans soupape. Point n'est besoin, dans ce système, de se défier du laminage des gaz résultant d'une levée trop faible de la soupape : les orifices d'admission et d'échappement peuvent être largement ouverts.

La grande vitesse angulaire accentue d'autre part les défauts des soupapes : chocs, bruit, déformations.

Ce dernier argument nous paraît sans portée. En effet, la vitesse angulaire n'a pas tendance à croître, en règle générale.

Certaines maisons font évidemment tourner plus vite leurs moteurs et abandonnent les 800 tours par minute (t. : m.) qu'elles se donnaient comme limite maxima, mais d'autres maisons abandonnent également les vitesses angulaires élevées 1 500 t. : m., toutes se ralliant à une vitesse angulaire moyenne qui ne dépasse pas 1 200 t. : m. en marche normale.

La vitesse linéaire du piston augmente, et c'est là un progrès certain et bien conforme à la règle que nous indiquions au début de cette étude ; mais l'accroissement est obtenu par une augmentation de la course, ou plus exactement par un accroissement du rapport de la course à l'alésage, et non par une augmentation de la vitesse angulaire du moteur.

Or, la fréquence des élévations et des chutes de la soupape ne dépend que de cette vitesse angulaire, et elle ne peut, dans ces conditions, contribuer à une destruction de l'organe, ou à un bruit excessif. Un bon tracé des cames suffit à obvier à ces inconvénients.

Les partisans des soupapes prétendent que les tiroirs cylindriques conduisent à des difficultés de graissage et de refroidissement. En fait, dit-on, les fourreaux concentriques aux pistons du système Knight sont séparés par des couches d'huile assez épaisses, pour permettre le jeu nécessaire par les inégalités de dilatation des fourreaux, du cylindre et du piston.

Il est certain que le moindre grippage serait fatal à cet ensemble.

A côté des fourreaux Knight, on trouve aussi les robinets tournant cylindriques ou coniques, qui suppriment les soupapes mais ne suppriment pas toujours le laminage.

Il est assez intéressant de constater que, dans la machine à vapeur, lorsque, pour arriver à une consommation spécifique toujours plus réduite, on a adopté les pressions élevées de 15 à 20 kg. : cm² et la surchauffe, qui, dans certaines demi-fixes atteint 430° C., on a eu une tendance à diminuer le plus possible les parties frottantes de la distribution pour arriver à l'emploi des soupapes.

Dans la construction du moteur de voitures, au contraire, on a, dès l'origine, adopté la distribution par soupapes. Aujourd'hui certains constructeurs, et non des moindres, semblent accorder une grande confiance à la distribution par tiroir, rendue possible par une consommation d'huile qu'il serait intéressant de connaître, eu égard aux conditions de fonctionnement.

Peut-on réaliser, par l'emploi de ce mode de distribution, un accroissement de la puissance massique ? Obéit-on à la règle : « diminuer le poids, restreindre l'encombrement » ? Le moteur monocylindrique Sizaire et Naudin de 100 mm. d'alésage, avec une course toujours croissante et des orifices d'admission et d'échappement très largement ouverts, a atteint des chiffres de puissance très élevés et a réalisé des vitesses linéaires de piston de 12 et 15 mètres par seconde (m. : s.) dans les épreuves de voiturettes. Or, ce moteur était à soupapes.

Il serait intéressant de savoir si les fourreaux permettent un grand accroissement de vitesse linéaire, car autrement, l'avantage d'un accroissement de puissance massique n'existerait pas

pour ce type de distribution, comparé à la distribution par soupapes. D'ailleurs, cherche-t-on pour les voitures actuelles à accroître la puissance massique des moteurs dans de telles limites ? Certainement non ; les voitures puissantes sont rares et la voiture petite ou moyenne de 16 à 20 chevaux est la plus recherchée. Dans ces conditions, le gain de quelques kilogrammes sur le poids du moteur, eu égard au nombre de chevaux, devient inutile, et l'on peut toujours satisfaire à la règle citée par nous, en cherchant le progrès relativement au poids, non plus exclusivement dans le moteur, mais bien aussi dans le châssis.

LA TRANSMISSION. — C'est pourquoi, d'ailleurs, nous constatons la simplification du châssis ; les organes sont nets, les commandes donnent l'impression de solidité et de simplicité.

La commande des roues motrices se fait d'habitude par essieu moteur ; la chaîne est presque abandonnée. La bielle de poussée disparaît souvent ; elle est remplacée par un prolongement du carter de l'essieu moteur. Celui-ci devient plus léger : il ne pouvait, d'ailleurs, triompher de la chaîne qu'en satisfaisant à cette exigence de construction.

En effet, l'essieu moteur est un organe non suspendu dans la voiture et sa masse oscille entre le sol et le châssis. L'énergie qu'elle acquiert est absorbée par les pneumatiques d'une part, par les ressorts et les amortisseurs d'autre part.

L'usure des pneumatiques, du fait d'un travail excessif, s'accroît, et si les ressorts sont moins sensibles à cette action destructrice, c'est qu'ils n'ont pas les qualités du pneumatique, au point de vue de l'absorption de l'énergie, et qu'ils s'empressent de restituer une bonne partie de l'énergie cinétique reçue au châssis, et par son intermédiaire à la carrosserie, qu'elle disloque, aux voyageurs, dont le confort est sensiblement diminué.

La chaîne, abandonnée pour la transmission aux roues, se retrouve dans certains carter de boîtes de vitesse.

Les engrenages des arbres, au lieu d'être au contact comme dans le système des « engrenages toujours en prise », restent bien en prise, mais par l'intermédiaire de chaînes larges et à mailles serrées.

Ce système contribue à la suppression du bruit des engrenages ; d'autre part, une chaîne se remplace plus facilement qu'un engrenage et le martelage dû aux changements de vitesse mal pris entraîne ainsi des conséquences moins fâcheuses.

Signalons encore, au sujet de la transmission, que certaines maisons françaises imitent les maisons anglaises et remplacent les engrenages coniques par des engrenages hélicoïdaux.

L'embrayage à disques multiples conserve ses partisans, mais l'embrayage par cône cuir est toujours adopté sans que l'on puisse noter une défaillance nouvelle parmi les partisans de la première heure de ce mode d'embrayage.

Indiquons, pour terminer notre examen des tendances nouvelles de l'industrie automobile, des recherches toujours plus actives dans le mode de suspension et aussi des formes très spéciales de carrosserie, « Torpedo », « Berline Obus », établies pour présenter la moindre résistance au vent, et mentionnons, pour ce dernier type, le soin tout particulier avec lequel les formes du dessous et de l'arrière de la voiture sont prévues pour éviter la formation des remous et le soulèvement de poussière qui en est la conséquence.

Comme conclusion à ces notes, nous dirons que ce qui, à notre avis, caractérise le Salon de 1910, c'est le progrès par la simplification et par l'adaptation plus heureuse aux besoins de l'utilisation.

G. LUMET,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER

La huitième session de l'Association du Congrès international des chemins de fer (Berne, 4-16 juillet 1910).

La huitième session de l'Association du Congrès international des chemins de fer s'est tenue à Berne du 4 au 16 juillet 1910. Les questions qui y furent discutées, par les délégués des Compagnies de chemins de fer du monde entier, étaient de la plus haute importance. Il nous a paru intéressant d'extraire du compte rendu des séances les conclusions qui ont été adoptées pour chacune de ces questions.

Première Section : VOIES ET TRAVAUX. — *Joints des rails. Diminution du nombre des joints. Longueur maximum à donner aux rails. Soudure. Renforcement des joints.* — La plupart des administrations ont diminué le nombre des ponts en adoptant, pour les rails, des longueurs variant entre 10 et 18 mètres qui ne présentent aucun inconvénient pour la dilatation.

De plus, l'emploi de rails lourds, à larges champignons, avec portée d'éclissage large et d'inclinaisons faibles, a permis d'utiliser des éclisses plus robustes. Les traverses ont été rapprochées au voisinage du joint. Quant aux essais de soudure, ils n'ont pas donné de résultats satisfaisants.

Renforcements de la voie et des ponts en vue de l'augmentation du poids des locomotives et de la vitesse des trains. — La voie courante sur traverses, actuellement en usage, pourra être maintenue suffisamment résistante pour des charges plus grandes et des vitesses plus élevées que celles employées actuellement, grâce à l'emploi d'un bon ballast établi sur une plate-forme, consolidée, s'il y a lieu, et de rails lourds solidement éclissés.

Toutefois, des essais devront être faits, et il faudra s'attacher à diminuer autant que possible les actions dynamiques transmises à la voie par les locomotives.

Quant à la question du renforcement ou du remplacement d'un pont, il y a là une question d'espèce dont la solution est à décider dans chaque cas.

En tout cas, l'emploi de l'acier doux pour le renforcement des ponts en fer n'offre aucun inconvénient.

Disposition des appareils de la voie à réaliser en vue du passage à grande vitesse aux bifurcations et aux ponts tournants. —

Il existe maintenant des appareils de voie permettant le passage à grandes vitesses sur les ponts tournants et sur les deux branches d'une bifurcation.

De très grands progrès ont été réalisés en vue de permettre ce passage en vitesse, aussi bien dans les appareils eux-mêmes que dans la signalisation. Cette question reste à l'ordre du jour.

Longs tunnels. Construction. Ventilation. Exploitation. — A partir de 5 km., il est recommandé de construire à double voie les tunnels sous montagnes. L'attaque par galerie de base est préférable.

Dans les parties à forte pression, la section devra se rapprocher le plus possible du cercle.

Pendant la construction, les locomotives à vapeur devront être exclues des chantiers d'avancement.

Au point de vue ventilation, l'introduction de 3 à 6 m³ d'air par seconde est désirable; les conduits devront être larges pour économiser la force motrice. Dans les très longs tunnels où la température est élevée, l'adjonction d'une galerie inférieure de ventilation paraît désirable.

Au point de vue exploitation, une bonne ventilation augmente la sécurité du trafic et assure une meilleure conservation de la superstructure du tunnel.

Sous les agglomérations, le type avec tablier métallique ne doit être adopté que s'il y a un intérêt majeur à diminuer la profondeur.

La possibilité d'exécuter un tunnel sous la Manche paraît bien établie au point de vue géologique et technique, et ce tunnel procurera des avantages économiques incontestables.

Deuxième Section : TRACTION ET MATÉRIEL. — *Emploi de l'acier. Aciers spéciaux.* — L'acier de plus de 44 kg. par mètre carré de résistance n'est substitué au fer forgé que pour un petit nombre de pièces et dans quelques Compagnies seulement. Le fer est plus généralement remplacé par l'acier doux ou fer fondu de 33 à 44 kg. de résistance au mètre carré.

L'acier moulé remplace souvent le fer forgé et même la fonte pour les pièces compliquées.

Il semble que l'emploi de l'acier s'étendra à toutes les pièces de locomotives et à la construction des véhicules, remplaçant ainsi le bois et donnant des wagons plus résistants, de plus grande capacité, et moins lourds.

Un assez grand nombre de Compagnies emploient l'acier à 5 % de nickel dans leurs essieux coudés. Plusieurs de ces Compagnies emploient l'acier à 70 kg. de résistance par mètre carré pour les bandages des locomotives et des tenders.

Perfectionnements des chaudières de locomotives. — Les tendances actuelles sont : le maintien des foyers en cuivre en Europe, en acier doux en Amérique, l'armaturage des boîtes à feu avec tirants, l'adoption des tubes en acier.

L'emploi des tubes Serve se maintient en France et en Alsace-Lorraine; le martelage du cuivre de la boîte tubulaire est reconnu favorable; enfin, la boîte à fumée prolongée et l'emploi de voûtes en briques réfractaires est recommandé.

Le type de chaudière à tubes d'eau est encore trop peu répandu pour qu'on puisse tirer des conclusions. L'emploi de la vapeur surchauffée est des plus avantageux. Il permet d'obtenir une plus grande puissance moyennant une faible augmentation de poids et de réduire, à puissance égale, la consommation d'eau et de charbon, ce qui compense largement l'augmentation des frais.

Les locomotives à quatre cylindres égaux et à surchauffe ont donné des résultats satisfaisants. Le lavage des chaudières à l'eau chaude doit être recommandé.

Locomotives à vapeur à très grandes vitesses. — Des locomotives dépassant la vitesse de 100 km. à l'heure sont d'un usage courant. Elles sont du type 4-4-2 (type Atlantic), ou 4-6-2 (type Pacific), ou encore 2-6-2 (type Prairie).

La distribution dans ces locomotives se fait par tiroirs plans équilibrés ou non, ou par tiroirs cylindriques.

Les tenders sont en général à trois ou quatre essieux.

Traction électrique. — La traction électrique, bien qu'ayant fait de grands progrès depuis quelques années, ne permet pas encore de prendre position pour l'un ou l'autre des différents systèmes. Les applications respectives sont des cas d'espèces, et le Congrès se borne à inviter les Compagnies à se mettre d'accord pour que toutes les mesures soient prises en vue de faciliter les échanges de matériel dans les gares communes.

Troisième Section : EXPLOITATION. — *Grandes gares à voyageurs.* — Il y a intérêt à séparer les locaux affectés aux voyageurs de ceux affectés aux messageries.

Il y a également intérêt à affecter au service normal de banlieue un faisceau de voies spécial.

L'installation en tête des gares de bretelles permettant de recevoir un train sur une voie quelconque tend à se généraliser. Des postes d'enclenchements dynamiques à manœuvre rapide, un faisceau de formation en rapport avec les voies de départ par des voies spéciales rendent également de très grands services. Enfin, l'emploi de la manutention mécanique se répand de plus en plus.

Grandes gares à marchandises. — Les grandes gares de triage comprennent en général trois faisceaux de voies correspondant, au stationnement après l'entrée, au triage par direction et par station, à la formation et au stationnement avant le départ. Il y a intérêt à disposer, quand on le peut, ces faisceaux de façon à obtenir la continuité du mouvement de triage. Le choix entre les gares à établir en pente continue et à dos d'âne est une question d'espèces à régler sur place.

Sous halles, la manutention mécanique des marchandises et des wagons se répand de plus en plus.

Manœuvre des aiguillages et des signaux. — L'emploi des appareils à fluide moteur a fait d'énormes progrès dernièrement. Il permet une plus grande concentration, d'où, plus de célérité

Résultats obtenus avec les nouvelles locomotives à marchandises à quatre cylindres égaux et à surchauffe système Flamme, des chemins de fer de l'Etat belge.

L'Administration des chemins de fer de l'Etat belge vient de soumettre à des essais très intéressants une de ses locomotives à marchandises, type 36, mises en service au commencement de cette année et déjà connues des lecteurs de cette revue (1).

Le programme de ces essais comportait des conditions très sévères.

Il s'agissait de vérifier le pouvoir adhérent de la machine, en lui faisant remorquer de fortes charges sur des rampes atteignant jusqu'à 25 mm. par mètre, de s'assurer de sa souplesse dans les courbes de faible rayon, et de voir si elle pouvait aisément soutenir la vitesse de 60 km. à l'heure sur les lignes à profil moins accidenté, pour faire exceptionnellement le service de trains de voyageurs particulièrement lourds.

Les diagrammes reproduits figures 1 et 2 indiquent les principaux résultats obtenus qui sont absolument remarquables.

L'expérience la plus concluante, pour ce qui concerne l'adhérence, eut lieu entre Spa et Hockai. La machine a remorqué, sur cette rampe de 25 mm., une charge de 443 tonnes, et elle aurait

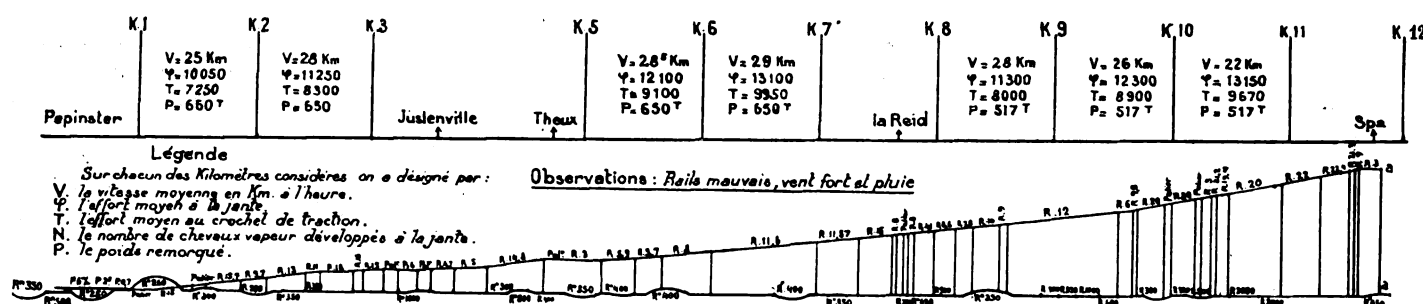


FIG. 1. — Résultats obtenus avec les nouvelles locomotives à marchandises à quatre cylindres égaux

dans les manœuvres et de facilité dans la tâche du personnel. Ces fluides moteurs sont : le courant électrique, l'air comprimé, l'eau sous pression. On a même utilisé les transmissions électropneumatiques.

En France, on a employé avec succès les leviers d'itinéraires.

Billets de voyageurs. — Les billets du type Edmonson sont les plus répandus. On a construit récemment des appareils avec lesquels les billets peuvent être détachés d'un rouleau de carton. Les billets passe-partout ne peuvent être supprimés. Afin de décharger les imprimeries de billets et les employés de guichets, il y aura lieu d'étendre autant que possible l'emploi d'appareils mécaniques.

Cette question reste à l'ordre du jour.

Voitures automotrices. — Les voitures automotrices peuvent fournir, dans certains cas, des services économiques, par exemple, pour les communications locales et dans le cas de courants de transports constants.

La puissance des moteurs des automotrices doit présenter une certaine marge pour pouvoir faire face aux variations de trafic.

Il serait intéressant de pouvoir séparer la voiture du moteur.

Les voitures à accumulateurs ou à essence paraissent se prêter particulièrement bien à l'économie de personnel (emploi d'un seul agent).

Pour les automotrices à vapeur, il y a intérêt à réduire les soins exigés pour la chaudière et le foyer, notamment, par l'emploi de l'alimentation semi-automatique du foyer.

L'étude de petites locomotives, locomotives-fourgons ou fourgons-moteurs plus indépendants qu'une automotrice, est également à recommander.

(A suivre.)

Fernand DUBAR,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

pu en enlever davantage puisque, au lieu de ralentir, elle a gravi la rampe avec une accélération sensible.

Le diagramme indique, en effet, que la vitesse a passé de 15 à 21 km. à l'heure pendant la montée.

Le poids adhérent, qui atteint le chiffre de 87.800 kg., est très bien utilisé à cause de la disposition du mécanisme. Les quatre cylindres égaux développent un couple moteur d'une constance presque absolue, d'où il résulte que l'effort maximum, celui qui provoque le glissement des roues, n'est guère supérieur à l'effort moyen.

Sur la même ligne, la charge de deux locomotives, type 32 à vapeur surchauffée à trois essieux accouplés et à deux cylindres de 500 × 660, est d'environ 400 tonnes; la puissance du type 36 est donc plus du double de celle du type 32 à surchauffe.

DÉPENSES KILOMÉTRIQUES EN COMBUSTIBLE ET EN MATIÈRES DE GRAISSAGE.

	2 LOCOMOTIVES type 32 a	1 LOCOMOTIVE type 36 b	DIFFÉRENCE	
			absolue a - b	relative $\frac{a-b}{a} \times 100$
Combustible.	0 fr. 500	0 fr. 405	0 fr. 095	19 %
Matières de graissage.	0 fr. 04108	0 fr. 02830	0 fr. 01278	31,1 %
Total	0 fr. 541	0 fr. 433	0 fr. 108	20 %

Néanmoins, les consommations de charbon et de matières de graissage d'une machine type 36 sont notablement inférieures à

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 11 (nov. 1910), p. 597.

celles de deux types 32, ainsi que le montre le tableau ci-dessus. Les chiffres qui y sont inscrits résument les résultats généraux obtenus en service pendant le troisième trimestre de 1910 ; ils donnent des dépenses kilométriques moyennes respectivement pour la double et la simple traction, ainsi que l'économie réalisée par la simple traction.

Il est probable que ces excellents résultats iront en s'accroissant, à mesure que le personnel sera mieux familiarisé avec la conduite des nouveaux moteurs.

Les économies constatées s'expliquent par le fait que les unités de grande puissance ont généralement un rendement supérieur, la plupart des pertes ayant une importance relative beaucoup moindre.

Dans le foyer de la machine type 36, la combustion est plus parfaite, le charbon brûlant d'une manière régulière sous l'influence d'un tirage plus uniforme, dont la conséquence est la diminution de l'entraînement d'escarbilles et de gaz non brûlés.

Par suite de la plus grande longueur des gros tubes à fumée, la vapeur atteint plus aisément les hautes températures favorables à la bonne utilisation du calorique.

Les chiffres ci-dessus accusent une économie sérieuse dans les frais de traction ; il convient d'y ajouter celle résultant de la

Des nécessités de service ont seules empêché de pousser la vitesse au delà de 60 km. à l'heure.

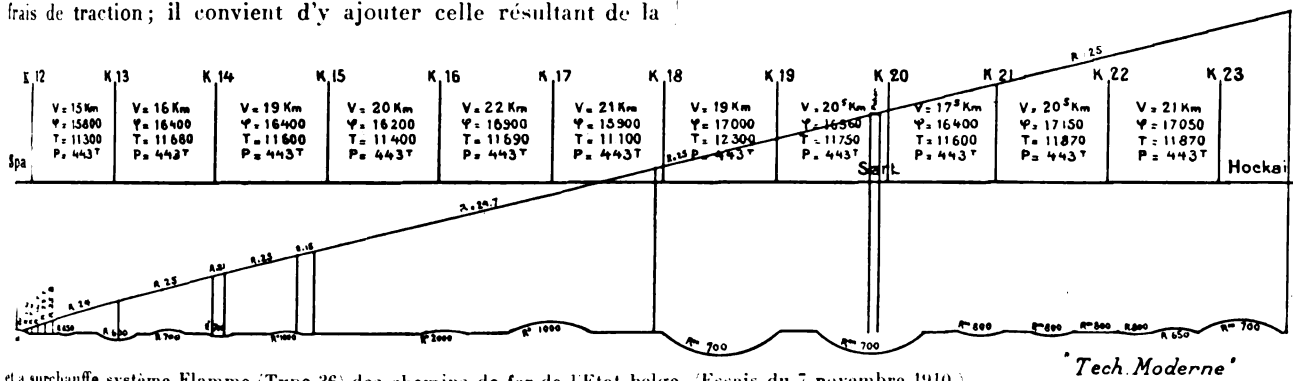
En résumé, la locomotive type 36 convient pour faire la traction de lourds trains de marchandises sur des lignes à fortes inclinaisons et à des vitesses relativement élevées. Elle convient également pour faire le service sur des lignes sinueuses où se trouvent réunies toutes les difficultés d'exploitation.

J. B. F.

Attelage automatique des wagons (système W. S. Laycock.)

La Technique Moderne a donné une description ⁽¹⁾ du système d'attelage automatique imaginé par M. Boirault, et qui offre une solution aussi originale que séduisante d'un problème sur lequel nous aurons l'occasion de revenir.

D'autres inventeurs ont cherché à adapter aux véhicules européens à deux tampons l'attelage à tampon central de l'*American master Builder's Association*, dit attelage M. C. B., qui est exclusivement employé aux Etats-Unis. Construit de manière à absorber les réactions de choc en même temps qu'à résister



et à surchauffe système Flamme (Type 36) des chemins de fer de l'Etat belge. (Essais du 7 novembre 1910.)

suppression d'un personnel machiniste et chauffeur obtenue par la substitution de la simple à la double traction.

Au point de vue de la souplesse, on a constaté que la locomotive type 36 passe dans les courbes de petit rayon même plus facilement qu'une locomotive à trois essieux accouplés dont les roues ont le même diamètre.

Elle a remorqué, entre Pepinster et La Reid, une charge de 650 tonnes dans des courbes de 260 et 250 mètres de rayon.

Les essais de vitesse effectués entre Ecaussines et Haine-Saint-Pierre ont permis de faire des observations très intéressantes sur la stabilité de la machine et sur la puissance du générateur.

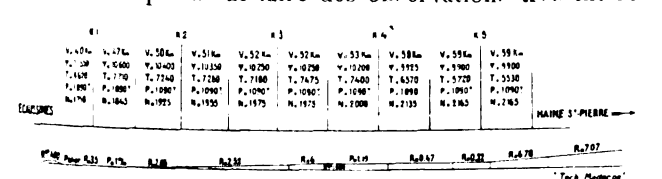


Fig. 2. — Résultats obtenus avec les nouvelles locomotives à marchandises à quatre cylindres égaux et à surchauffe système Flamme (Type 36) des chemins de fer de l'Etat belge. (Essai du 9 novembre 1910.)

sur la stabilité de la machine et sur la puissance du générateur.

La constance du couple moteur due aux quatre cylindres égaux et le guidage très efficace produit par le bogie font que les mouvements de lacet sont considérablement diminués et même pratiquement supprimés. A la vitesse de 60 km. à l'heure, la machine possède une stabilité parfaite.

Le train remorqué à cette allure pesait 1.090 tonnes et la puissance de la chaudière ne fut pas dépassée ni même atteinte, car elle produisit de la vapeur en excès pendant toute la durée de l'expérience.

à l'effort de traction, le coupleur M. C. B. diffère essentiellement de l'attelage européen qui doit seulement résister à la traction, les chocs étant absorbés par les tampons latéraux. De là résulte une grande difficulté lorsqu'il s'agit de passer d'un système à l'autre ; la modification de l'attelage de plusieurs centaines de

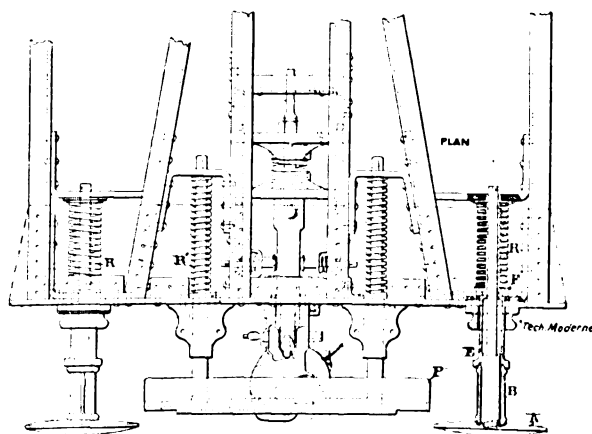


FIG. 1.

milliers de véhicules demanderait, en effet, un certain nombre d'années et il faudrait nécessairement, pendant cette période de transition, assurer l'accouplement des wagons munis du coupleur automatique à tampon central avec les wagons à deux tampons latéraux restant en service.

M. Laycock s'est attaché à résoudre ce problème en même

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 11 (nov. 1910), p. 634.

temps que celui de la jonction automatique des soufflets d'intercommunication des voitures à couloir.

Voici les dispositions qu'il a adoptées :

Toute voiture neuve ou à transformer est munie d'un crochet d'attelage spécial et de deux tampons latéraux analogues à ceux en usage actuellement; toutefois, les ressorts R de ces tampons

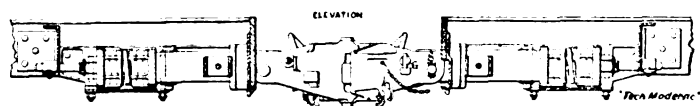


FIG. 2.

ne sont actionnés (fig. 1) que par l'intermédiaire d'une selle demi-cylindrique AB dont est coiffée la partie antérieure des tiges et qui vient buter contre l'épaule E d'un fourreau EF s'appuyant lui-même sur le ressort R. Si on enlève la selle AB, la tige peut être enfoncée dans son logement, ce qui a pour effet d'effacer le tampon.

Dans le crochet spécial s'engage une tête d'accouplement vertical type M. C. B., qui est maintenue en place par un fort goujon G. Il suffit de dégager ce goujon pour que la tête d'accouplement

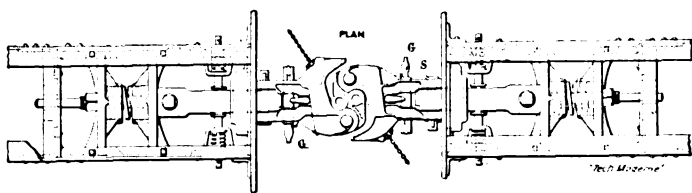


FIG. 3.

pivote autour de l'axe S et dégage le crochet d'attelage (voir fig. 3 et 4).

La figure 4 indique clairement comment se fait l'attelage d'un wagon muni du système automatique avec un véhicule non transformé. Une minute seulement est nécessaire à un homme pour suspendre l'automatisme et permettre l'accouplement avec un véhicule non transformé.

Pour réaliser automatiquement la jonction des soufflets d'intercommunication des voitures à couloir, le plancher du vestibule

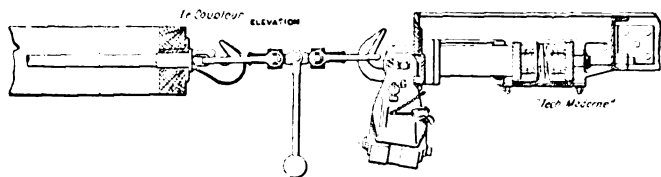


FIG. 4.

de la voiture s'appuie sur une poutre compensatrice P (fig. 1) qui peut pivoter légèrement autour d'un axe traversant la barre d'attelage. Cette poutre s'appuie d'ailleurs par l'intermédiaire de plongeurs sur les ressorts R', qui servent à égaliser la pression au passage dans les courbes. Des plongeurs analogues disposés à la partie supérieure du châssis des soufflets jouent le même rôle.

Il a été fait déjà un assez grand nombre d'applications du système Laycock, notamment en Angleterre et en Belgique.

J. NETTER,

Ancien Elève de l'École Polytechnique,
Capitaine du Génie en retraite.

CHIMIE INDUSTRIELLE

Amorçage des dynamites.

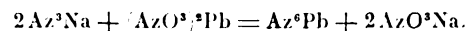
On sait que, pour provoquer l'explosion d'une charge de dynamite, on se sert d'un détonateur ou amorce. C'est une douille de cuivre ou de laiton contenant du fulminate de mercure, dont

l'explosion est provoquée par une mèche Bickford, ou un courant électrique (amorce électrique). Le poids de fulminate varie suivant le numéro du détonateur, ordinairement 0 gr. 5 à 2 gr.; le détonateur à charge de 1 gr. est le plus ordinairement employé avec les dynamites ordinaires.

Les détonateurs au fulminate pur étant chers, on se sert aussi de détonateurs dits mixtes, renfermant soit de l'acide picrique, soit un mélange de chlorate de potasse et de fulminate, soit du trinitrotoluène, poudres sur lesquelles on place une pastille de fulminate pur. Ces détonateurs sont évidemment moins puissants. On a breveté récemment pour ces détonateurs mixtes, le tétryl, (tétra nitro-méthylaniline), qui présenterait une sensibilité et une puissance que n'ont pas les corps déjà cités.

La maison Bickford, Smith et C^{ie} vient tout dernièrement de lancer un détonateur à charge d'azoture de plomb. Les azotures des métaux lourds avaient été considérés jusqu'à ce jour comme des corps impossibles à manier, mais on est parvenu, par un mode approprié de cristallisation, à donner aux cristaux d'azoture de plomb un aspect sableux, et, dans cet état, on peut en charger les détonateurs sans plus de danger qu'avec le fulminate.

La forme cristalline a une grande influence sur la sensibilité de ces corps, puisque nous avons vu des aiguilles longues de fulminate qu'il était impossible d'employer, car il suffisait d'en briser la pointe pour en provoquer l'explosion violente. Les avantages de l'azoture de plomb sur le fulminate de mercure seraient : un prix de revient moindre, une préparation beaucoup plus facile, et une puissance plus grande. Les praticiens savent que, dans la préparation classique du fulminate par réaction de l'acide azotique sur le mercure et l'alcool, on obtient parfois un fulminate plus ou moins gris ou plus ou moins jaune, teintes dues à des composés complexes, qui, même en petite quantité, font varier la sensibilité du fulminate. L'azoture de plomb est toujours identique, et se prépare simplement par double décomposition, sans autre réaction possible, d'après l'équation :



L'azoture de sodium se trouve facilement aujourd'hui dans le commerce : c'est un corps très soluble dans l'eau; l'azotate de plomb est soluble, l'azoture de plomb, insoluble, précipite donc dans la liqueur.

L'azoture de plomb est plus brisant que le fulminate, et, dans les détonateurs à charge mixte, il suffit pour l'amorçage d'une pastille d'azoture d'un poids moitié de celle de fulminate. Enfin, l'azoture de plomb permet l'emploi de douilles d'aluminium qui, actuellement, sont plus économiques que celles en cuivre. En effet, le cuivre en 4/10 d'épaisseur vaut 210 francs; l'aluminium en 4/10 vaut 325 francs; mais la densité du cuivre est 8,8, celle de l'aluminium 2,5; donc, même s'il faut donner aux douilles d'aluminium une épaisseur légèrement supérieure à celle des douilles de cuivre, pour obtenir la même résistance, il y a avantage à employer l'aluminium puisqu'il donne pour un même poids de métal $\frac{8,8}{2,5} = 3,5$ fois plus de feuilles de 4/10, et qu'il ne coûte que $\frac{325}{210} = 1,54$ fois plus cher.

La feuille de 4/10 en aluminium s'emboutit très bien.

Il serait impossible de charger des douilles d'aluminium avec du fulminate, à cause de la très grande facilité avec laquelle l'aluminium est attaqué par le mercure, attaque qui se continue dans tout le métal, et aussi parce qu'on ne peut jamais garantir que le fulminate ne renfermera pas de traces de corps mercuriels instables, parfois même du mercure à l'état de métal libre. Avec l'azoture de plomb, ce danger n'est pas à craindre.

L. OTTENDAHL,

Ingénieur-Chimiste.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

La prise de terre dans les installations à courant triphasé.

La mise à la terre d'un pôle, dans une installation monophasée, permet de combattre d'une façon très efficace le danger d'une surtension.

Nous citerons, comme exemple, le réseau monophasé à haute tension de Francfort-sur-Mein. Ce réseau, composé de câbles concentriques, avait à souffrir d'un nombre énorme d'accidents de surtension. On résolut d'essayer la prise de terre; et, en 1899, le pôle extérieur du câble concentrique fut mis à la terre au moyen d'une résistance à eau de 2 ohms, placée dans la centrale. Le succès fut tel que, depuis ce moment, on n'a constaté aucun phénomène de surtension sur le réseau.

Il est assez difficile d'expliquer théoriquement pourquoi la prise de terre protège à ce point des surtensions. Pratiquement, l'on peut dire que la surtension dangereuse est ordinairement un phénomène consécutif à un court-circuit accompagné d'une mise à la terre accidentelle : l'expérience a montré qu'une mise à la terre même faible, telle que celle due à la rupture d'un isolateur, par exemple, était la cause la plus fréquente des surtensions.

Avec la mise à la terre d'un pôle, tout autre prise de terre donne naissance à un court-circuit régulier et l'on évite, ainsi, la répercussion nuisible sur le réseau.

Il est étonnant que, jusqu'à présent, on ait rarement employé la mise à la terre d'un pôle pour le courant triphasé.

Quand on commença à employer ce courant, on mit à la terre le point neutre, mais les résultats ne furent pas remarquables et cette disposition fut interdite, car elle apportait des perturbations aux lignes téléphoniques. Depuis l'emploi d'un double conducteur pour ces dernières lignes, ces perturbations sont moins à craindre; il n'en est pas moins vrai que la mise à la terre du point neutre, dans un montage en étoile, peut donner naissance à un courant tellurique important, par la mise accidentelle à la terre d'un pôle du système. Ce courant peut encore troubler les lignes téléphoniques actuelles, et, en tout cas, il introduit dans le réseau triphasé une dissymétrie fâcheuse. La terre seule servant de conducteur au point neutre et la tension entre ce dernier et l'un des conducteurs étant toujours celle d'une des branches de l'étoile, on conçoit qu'une mise à la terre accidentelle puisse avoir les conséquences les plus désagréables.

La mise à la terre d'un pôle extérieur d'un circuit triphasé évite les inconvénients précédents, et les perturbations téléphoniques qu'elle peut apporter sont certainement aussi faibles que celles observées à Francfort-sur-Mein, à la suite de la mise à la terre d'un pôle de courant monophasé.

Les dangers d'une prise de terre accidentelle sont, par le fait même de la mise à la terre d'un pôle, réduits d'un tiers. Toute prise de terre accidentelle des deux autres pôles se traduira par un court-circuit direct. En un mot, les dangers de surtension doivent être réduits comme pour un réseau monophasé.

La mise à la terre d'un pôle extérieur d'un réseau triphasé présente d'autres avantages : Les déclenchements automatiques sont ordinairement montés sur deux pôles d'un circuit triphasé. Le système donne en général satisfaction; cependant on tend, pour plus de sûreté, à employer des relais de déclenchement à trois pôles. Avec la mise à la terre d'un pôle, le relais de déclenchement placé sur les deux autres pôles ne le cède en rien à celui sur trois pôles.

Pour les conducteurs aériens, il est inutile de bien isoler le pôle mis à la terre; il suffira d'employer des isolateurs à basse tension placés, par exemple, au sommet du mât, et de protéger le tout par des parafoudres à basse tension également. On obtient ainsi une disposition économique très bien protégée.

Elektrotechnische Zeitschrift, 16 juin 1910.)

L. V. B.

Équipement électrique à vitesse réglable pour appareil de levage (système Bergmann) (1).

Il est souvent nécessaire de pouvoir régler la vitesse des appareils de levage non seulement entre des limites étendues, mais encore d'une façon très graduelle; l'automatisme de régulation, que l'on obtient avec le moteur électrique série, ne suffit pas pour des grues spéciales et l'on doit être à même de maintenir une vitesse quelconque pour toutes charges; ainsi, il arrive qu'il y ait grand intérêt à pouvoir déplacer le crochet, à vide, à toute vitesse comprise par exemple entre quelque 100 000 mètres et une demi-douzaine de mètres par minute; avec le réglage par rhéostat en série, on n'y arriverait pas économiquement et le nombre de vitesses réalisables serait nécessairement restreint. Le système décrit ci-après satisfait à ces conditions; il permet une variation de vitesse de 1 : 60, en 20 à 30%; de plus, il soustrait le réseau général aux à-coups, qui déterminent souvent, dans les installations ordinaires, une chute de tension très préjudiciable au fonctionnement régulier des appareils.

Le procédé en question est une application du système Ward

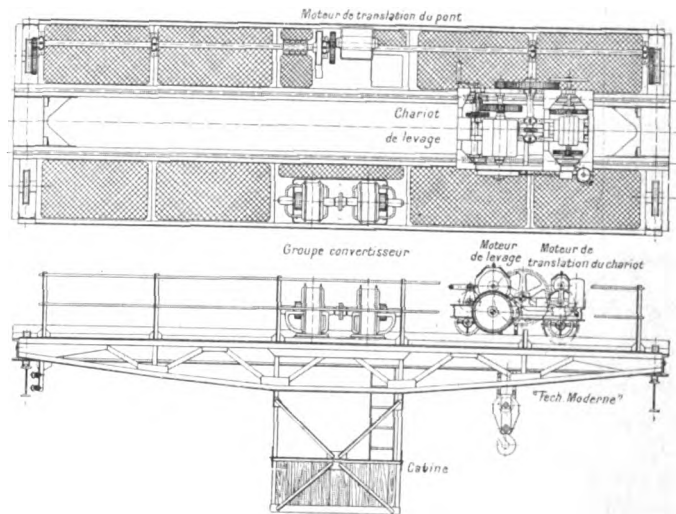


FIG. 1. — Pont roulant muni d'un équipement système Bergmann.

Léonard : les moteurs, dont on veut pouvoir régler la vitesse de la manière indiquée, sont alimentés par un groupe moteur générateur placé directement sur l'appareil; la dynamo est une machine à courant continu, réglée par le champ, et le moteur est à courant alternatif ou à courant continu à excitation constante. L'équipement comprend, outre ce groupe, le moteur de levage, un ou deux électro-aimants de frein et l'appareil de commande, qui joue également le rôle d'inverseur. Pour mettre la grue en fonctionnement, l'opérateur agit sur cet appareil de commande; comme ce dernier n'est autre chose qu'un régulateur de champ, agissant seulement sur des courants de faible intensité, il peut être réalisé avec un grand nombre de plots. Le réglage en question est d'ailleurs obtenu sans aucune perte et, même, lorsque le crochet descend sous charge, il y a une restitution d'énergie au réseau, par l'intermédiaire du groupe (le moteur est un moteur shunt), et l'on réalise donc un freinage avantageux.

Un pont roulant équipé de la façon indiquée est représenté figure 1; la construction mécanique ne présente aucune particularité, mais on voit que, sur le pont, est monté le groupe convertisseur; ce groupe ne demande que peu de surveillance : on n'a pas à s'inquiéter de lui donner un emplacement plus ou moins favorable. On le loge là où il est le plus facile de le mettre; un moteur assure la translation du pont et le chariot possède deux

(1) D'après les appareils ayant figuré à l'Exposition de Bruxelles (Section Allemande).

moteurs, un pour le levage et l'autre pour la translation; lesdits moteurs sont à courant continu, ouverts ou blindés. Le groupe moteur générateur est muni d'un démarreur ordinaire; une excitatrice est montée en bout d'arbre si le système reçoit du courant triphasé; le moteur et le générateur sont réunis par un couplage élastique; l'ensemble est monté sur un même bâti; les constituants sont calculés assez largement pour qu'il n'y ait pas à craindre de dérangement, même lorsque l'appareil est confié à un personnel inexpert; le moteur, le générateur et l'excitatrice, de même que les moteurs de levage, sont de type ouvert, avec simples tôles de garde au-dessus des collecteurs et des bagues, ou de construction blindée; on emploie des groupes à grande vitesse (1.500 tours par minute pour les groupes de 100 chevaux).

Le tableau ci-dessous indique, à titre d'exemples, les dimensions et poids de quelques groupes de puissance moyenne, pour courant continu à 460 volts :

PUISSANCE		VITESSE (tours par minute)	DIMENSIONS MAXIMA			POIDS en kg.
HP	KW		LONGUEUR en mm.	LARGEUR en mm.	HAUTEUR en mm.	
71,5	48	970	2 470	845	1 090	2 850
57,2	38	925	2 400	835	1 085	2 585
55	36,5	1 030	2 400	835	1 085	2 375
46,7	31	1 030	2 300	835	1 085	2 100
40,5	21,5	1 130	2 140	740	945	1 875
37	24	1 215	1 940	740	945	1 650
33	21,5	1 260	1 900	710	905	1 500

L'appareil de commande est un contrôleur à tambour actionné par un volant ou par un levier; généralement, le rhéostat de réglage y est combiné; cette construction ne présente pas de difficulté parce que ledit rhéostat ne doit supporter que des courants peu intenses (1-2 ampères pour un équipement de 100 chevaux) et qu'il est peu volumineux.

La restriction des dimensions de l'appareil de commande, comparativement aux contrôleurs pour le réglage du courant principal, est l'un des avantages les plus importants de la méthode décrite, parce qu'avec les grandes puissances qui sont aujourd'hui employées dans les établissements métallurgiques, dans les ateliers de constructions mécaniques, etc., on arrive

rapidement à un tel développement de la taille des combineurs que la manœuvre en devient très difficile et que l'on est forcé de recourir à l'emploi de contracteurs; la figure 2 montre que, même pour un équipement de 100 chevaux, le combineur est relativement petit.

Pour le reste, l'équipement électrique est établi dans les mêmes conditions qu'avec le système de contrôle ordinaire; éventuellement, un commutateur relie au groupe moteur-générateur l'un ou l'autre des moteurs.

L'uniformité de réglage et l'égalisation de la puissance absorbée sont suffisantes pour que l'on puisse relier des ponts de

grande capacité à des réseaux de distribution publique. De plus, le système peut être avantageux pour des grues ne recevant pas le courant de l'extérieur, mais possédant elles-mêmes une installation génératrice; grâce à l'uniformisation de la charge, cette installation peut être formée d'un moteur à benzine et d'une dynamo, et sa capacité ne doit pas être aussi grande qu'il le faudrait si l'on travaillait sans groupe compensateur.

La méthode a été appliquée avec succès à trois grues à por-

tique de 225 tonnes, avec équipement de 150 chevaux, construites par les établissements Krupp.

ELECTROCHIMIE

De la densité de courant pour la fabrication industrielle des persulfates.

On sait, depuis longtemps déjà, que la densité de courant dans l'électrolyse des sulfates de potassium et d'ammonium doit être élevée pour qu'il y ait formation de persulfates, et on croit généralement que la densité la plus favorable est de 500 ampères par décimètre carré. C'est, en effet, la densité de courant indiquée d'après MM. Berthelot et Elbs, et dans la plupart des ouvrages.

M. A. Minet, dans son traité d'électrochimie, indique bien, il est vrai, 50 ampères par décimètre carré, mais, comme il cite les perfectionnements apportés par Elbs à la préparation des persulfates, il est probable que c'est par erreur, et que, dans la pensée de l'auteur, la densité est bien également de 500 ampères par décimètre carré, la densité indiquée étant d'ailleurs beaucoup trop faible pour être exacte.

En 1897, M. Hugh Marshall publia ⁽¹⁾ une théorie de la formation de l'acide persulfurique qui expliquait la nécessité d'une grande densité de courant. Il indiquait en même temps un mode opératoire donnant de bons résultats pour la préparation des persulfates, et les conclusions d'une étude très complète sur les différentes causes qui peuvent, d'après Elbs et Schönher, modifier le rendement ⁽²⁾. En particulier, comme ayant donné les meilleurs résultats, toutes choses égales d'ailleurs, il indique la densité de 500 ampères par décimètre carré.

Ayant eu à nous occuper de la préparation industrielle des persulfates de potassium et d'ammonium, nous avons reconnu la justesse des conclusions de M. H. Marshall, sauf en ce qui concerne la densité de courant.

Nous nous proposons de montrer, en donnant les résultats des essais que nous avons faits, que la densité de 500 ampères par décimètre carré, généralement indiquée dans les ouvrages, est beaucoup trop forte.

Nous nous contenterons de citer les résultats que M. H. Marshall a donnés à ce sujet, auxquels nous avons eu fréquemment recours pour nos expériences :

Influence de la densité de courant à l'anode ⁽³⁾.

DENSITÉ DE COURANT par dm ²	RENDEMENT
1. — 4 ampères	0,7 % de la théorie.
2. — 28 —	53,5 —
3. — 500 —	67,5 —

On remarquera d'abord que ces données font abstraction de la différence de potentiel; il n'en est d'ailleurs pas fait mention dans le cours de l'étude. Le rendement ne s'applique donc qu'à l'intensité du courant sans tenir compte de la force électromotrice: c'est donc le rapport entre la quantité de persulfate produite par un coulomb et la quantité théorique que devrait donner également un coulomb. Les ouvrages cités ne font pas davantage mention de la force électromotrice.

Cette façon d'envisager le rendement ne tient aucun compte de l'énergie employée, qui, industriellement, au contraire, a une grande importance.

L'indication de la force électromotrice dans les trois essais cités plus haut aurait été très utile, mais, comme la différence de potentiel entre les anodes augmente rapidement avec la densité

(1) *Journal of the Society of chemical Industry*, mars 1897.

(2) *Moniteur scientifique*, octobre 1897.

(3) *Journal of the Society of chemical Industry*, mars 1897.



FIG. 2. — Combinateur d'équipement système Bergmann avec rhéostat de champ.

de courant, il est facile de se rendre compte que l'énergie mise en jeu dans le cas de l'essai (3), avec une densité de 500 ampères, devait être beaucoup plus grande que dans le cas de l'essai (2), avec une densité de 28 ampères seulement. On peut affirmer (on le verra par les essais qui vont suivre) qu'elle avait, dans le premier cas, une valeur très grande par rapport au second. Cependant, le rendement passait seulement de 53,5 à 67,5 %.

Si on construit d'après ces données la courbe représentative du rendement en fonction de la densité de courant (fig. 1), on voit, malgré le petit nombre de points déterminés, que de 0 à 28 la courbe paraît régulière et que le rendement augmente rapidement; mais au delà, sa direction change brusquement, et comme nous le remarquons plus haut, le rendement ne croît plus que très lentement. Il y a là l'indice d'un phénomène anormal, qui peut s'expliquer par la décomposition rapide du persulfate sous l'action d'une différence de potentiel trop grande, et aussi par suite de l'élévation de la température de l'anode, malgré le refroidissement énergétique du liquide dont la température peut rester sensiblement constante.

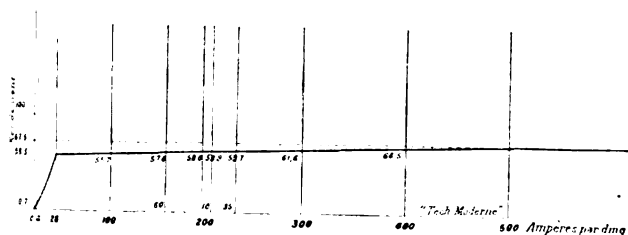


FIG. 1. — Courbe du rendement en fonction de la densité de courant.

La température a en effet une importance capitale, comme le montrent les observations suivantes dues aux mêmes auteurs et citées par M. H. Marshall :

TEMPÉRATURE	RENDEMENT
-2°	64 % de la théorie.
+27°	33 —
+60°	0,90 —

La nécessité de refroidir énergiquement sera en industrie, comme on le verra plus loin, un obstacle à l'emploi de très fortes densités de courant.

Le dispositif que nous avons employé consistait en un vase de 14 cm. de diamètre environ, rempli de solution saturée de sulfate d'ammoniaque, et contenant un vase très poreux rempli d'acide sulfurique de densité 1,45. La cathode était faite d'un serpent de plomb placé à l'intérieur du poreux, dans lequel circulait de l'eau froide à 4-5°; l'anode était formée de quatre fils de platine de 10 mm. de diamètre, d'une surface totale de 0 dm² 094, enroulés extérieurement en spirale sur le vase poreux. Le tout était plongé dans un grand vase à eau courante, et le liquide positif était en outre refroidi par un serpent formé d'un tube de caoutchouc mince dans lequel circulait également de l'eau froide à 4-5°. Malgré ces précautions, la température de l'électrolyte était toujours de 10 à 12°.

Au-dessus du liquide, les fils constituant l'anode étaient réunis en faisceaux et ligaturés à un gros fil de platine pour éviter un trop grand échauffement.

Au cours des essais, on releva les nombres inscrits au tableau suivant relatifs à l'intensité, la différence de potentiel, la température et le rendement. Pour chacun, on a indiqué, au moment de l'observation, le temps écoulé depuis la fermeture du circuit.

Après chaque essai, suivant les indications de Elbs et Schönher, les fils de platine étaient portés au rouge pour que la surface de l'anode soit toujours dans les conditions les plus favorables.

Un grand nombre d'expériences furent répétées en vue de

déterminer le rendement, et les résultats furent toujours les mêmes.

ESSAIS	TEMPS après la fermeture du circuit en minutes	AMPÈRES	VOLTS	TEMPÉRATURE en degrés	OBSERVATIONS
I Essais préliminaires	0	10	4,5	8	Apparition de cristaux.
	20	15	6	9	
	30	15	6	9	
	45	20	7	11-12	
	90	20	7	12	
II Densité = 160	0	15	6	9	Bons résultats, rendement : 60 %.
	15	15	6	9	
	120	15	6	9	
III Densité = 210	0	20	7	10-11	Bons résultats, rendement : 60 %.
	15	20	7	10-11	
	120	20	7	"	
	240	20,5	7,2	"	
IV Densité = 235	0	22	9	9	Résultats moins bons.
	15	22	9	12	
	120	22,5	9,5	13	
V Densité = 300	0	28	12	9	Résultats moins bons.
	15	"	12	13	
	120	28	11,5	15	
VI Densité = 400	0	38	> 20	9	Pas de résultats.
	15	38	20	> 24	
VII Densité = 500	0	47	> 30	9	Pas de résultats.
	15	47	"	> 30	

Dans la série des essais II et III, le rendement était de 60 % environ pendant les deux premières heures; il y avait cependant une diminution notable dans les essais III à cause de la température plus élevée.

Finalement, on adopta les conditions de l'essai II pour préparer le plus rapidement possible de grandes quantités de persulfate d'ammoniaque et déterminer la production par kilowatt en vingt-quatre heures (*). Nous ne nous étendons pas sur ces résultats qui n'offrent aucun intérêt nouveau, et ne sont que les conséquences de ceux qui ont été déjà signalés.

(A suivre.)

E. DE LAMBERTERIE.

FILATURE ET TISSAGE

Ventilation des filatures de coton du Nord de la France.

La Technique Moderne a publié assez récemment (*) une note sur la ventilation de la filature de coton dans le Lancashire. Nous ne pouvons, au point de vue national, qu'être très satisfaits de cette publication, car elle tendrait plutôt à établir que, sur le chapitre ventilation et salubrité des usines du textile, nos voisins d'outre-Manche ont plus à apprendre chez nous que nous chez eux. Cette opinion, qui ressort de l'étude précitée, est d'ailleurs corroborée par ce fait qu'à deux reprises depuis un an le « Humidity Committee » du Home Office de Londres a envoyé des délégués visiter nos installations du nord de la France et que, chaque fois, les visiteurs qui étaient d'abord le commandeur Hamilton Freer Smith, ancien inspecteur principal des fabriques et président de la Commission, ensuite le député trade-unioniste Shakleton ont manifesté leur admiration. Cela ne signifie pas, loin de là, que toutes nos usines

(1) Elle peut atteindre 4 kg. environ de persulfate sec à 98-99 %.

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 2 (fév. 1910), p. 111.

soient parfaites, mais seulement que celles qui sont organisées à ce point de vue le sont véritablement bien : les autres pourront donc, ayant sous les yeux des exemples précis, se monter sans tâtonnements pénibles et coûteux.

En filature de coton, il y a trois causes principales d'insalubrité : la poussière dans les ateliers de préparation : ouvreuses ou batteuses, peigneuses, et surtout cardes ; l'impureté chimique de l'air combinée avec sa teneur en humidité dans les autres ateliers et en particulier dans les salles dites de renvideurs, où fonctionnent les métiers à filer *self acting*, qui ont remplacé partout et depuis longtemps l'antique mull-Jenny ; les gaz provenant de la combustion, des fibrilles et du gaz lui-même au gazage.

Il n'y a pas à s'occuper de l'évacuation des poussières aux ouvreuses et batteurs, car tout s'y passe précisément en appareil clos, un violent courant d'air étant nécessaire au travail. Les seuls appareils véritablement dangereux au point de vue de la sécurité et de l'hygiène des travailleurs sont les cardes ; encore ne le sont-elles vraiment qu'au moment où on effectue sur elles l'opération du *débouillage*.

Carderie. — Le débouillage consiste à débarrasser le grand tambour et le peigneur des poussières et courtes fibres qui sont restées à la surface pendant le travail, étant retenues par les aiguilles. On utilise pour cela un cylindre débouilleur ou brosse en acier non trempé, dont les brins sont légèrement inclinés dans le sens du mouvement. On place à l'arrêt la brosse sur ses supports spéciaux, dont la position est déterminée par ce fait que les brins de la brosse doivent pénétrer de 3 à 4 mm. dans la garniture. Une rotation rapide est imprimée au débouilleur par une corde passant dans la gorge de la poulie folle ; le tambour est mis en mouvement en faisant passer légèrement sa courroie sur la poulie fixe. Une couche de débouillage formant nappe ne tarde pas à couvrir le débouilleur, qu'on en débarrasse par une plaque de cardes à main. Pendant l'opération, un nuage épais de poussière et de fibrilles se répand dans l'atelier. On répète le même travail pour le peigneur, qui fournit encore plus de poussière à l'air ambiant que ne l'a fait le grand tambour. Il importe que les ouvriers ne respirent pas cette poussière-là, qui, à la longue, produirait chez eux des troubles sérieux dans le fonctionnement des bronches et des poumons. Les hygiénistes désignent sous le nom de Byssinose l'espèce de catarrhe provoqué par ces poussières végétales, et il résulte d'une étude faite en 1904 par le Dr Verhaegue, directeur du Secrétariat ouvrier d'hygiène de Lille, que la proportion des malades des voies respiratoires dans la filature de coton atteint 50 %. L'inconvénient est donc sérieux.

Pour obtenir le résultat cherché, un moyen très simple se présentait d'abord à l'esprit : faire filtrer par chacun l'air nécessaire à sa propre vie en employant les masques respiratoires. Je me hâte de dire que le système était mauvais, car il est acquis et démontré que, dans la protection des travailleurs, il ne faut pas — quant à présent — leur demander d'effort personnel. Le masque était une contrainte, donc on ne se servait pas des masques. Dans un autre ordre d'idées, le même sort a été réservé aux lunettes d'ateliers, pare-éclats, etc. Il convenait donc d'empêcher la poussière de se répandre dans la salle, ce qui résolvait le double problème de protéger la santé ouvrière et d'économiser du nettoyage.

De nombreux appareils ont été proposés dans ce but et appliqués, mais il faut remarquer qu'ils n'ont pas du tout pour but d'aérer la salle, ce qui nécessite une installation spéciale au fonctionnement de laquelle le dépoussiéreur ne fait que contribuer.

Un des bons systèmes consiste à établir sous le plancher de l'atelier ou, à défaut, au-dessus des métiers, dans les fermes, une canalisation fixe en tôle galvanisée présentant de place en place, en face d'une paire de cardes, un raccord courbe et communiquant, d'autre part, à l'ouïe d'un ventilateur centrifuge ou *exhausteur*, pour employer le mot à la mode. Avant d'opérer le

débouillage de sa cardes, l'ouvrier vient brancher sur le raccord, que ferme un registre, un tube flexible de même diamètre et qui porte à son autre extrémité un appareil aspiratoire (trémie de succion) de la longueur de la cardes, reposant par ses extrémités sur le bâti de cette machine et disposé de façon à ce que les poussières soient immédiatement happées par le courant d'air lorsque le registre est ouvert et que le ventilateur tourne.

Quand il change de groupe de cardes, l'ouvrier débouilleur emporte avec lui le tube flexible et la trémie d'about, après avoir eu soin de fermer le registre du raccord dont il vient de se servir.

Dans quelques usines, le transport de l'ensemble flexible et de la bouche d'aspiration est facilité par l'installation d'un transporteur monorail au wagonnet mobile duquel le tout est fixé.

On a encore employé un petit système électrique spécial transporté forcément par un léger monorail et qui comprenait bouche d'aspiration et flexible branché directement à l'ouïe d'un petit ventilateur dont l'autre ouverture communique avec un filtre à poussière. L'air est dans ce cas rejeté dans la salle après avoir perdu ses particules flottantes dans le filtre. Le ventilateur est mis en mouvement par une petite dynamo qui l'accompagne. Il n'y a qu'à installer de place en place des prises de courant. Le procédé n'a pas pris une grande extension.

L'aspiration continue aux cardes combinée avec des rentrées d'air appropriées qui, d'après M. Auribault ⁽¹⁾, inspecteur du travail à Caen, donne d'excellents résultats en Normandie, mais ne s'est pas répandue dans le Nord même pour les usines neuves. Il m'est donc difficile d'en parler, bien qu'*a priori* la méthode ne paraisse pas exempte de critiques.

Je ne citerai que pour mémoire le procédé préconisé par M. Bellon ⁽²⁾ et qui n'a pas pour but d'évacuer ou de capter la poussière, mais simplement de la retenir, ce qui fait qu'il ne correspond pas tout à fait exactement aux prescriptions de l'article 6 du décret du 29 novembre 1904 et ne peut être, à mon avis, considéré que comme un palliatif efficace à installer là où l'on ne peut matériellement mettre autre chose.

Pour la ventilation générale de la carderie, il n'y a rien de particulièrement intéressant à signaler, si ce n'est que la salle des cardes faisant le plus souvent partie d'une salle de métiers, banes à broches, peut profiter des systèmes d'aération combinés avec l'humidification qui se répandent aujourd'hui de plus en plus dans ces sortes d'ateliers et surtout dans les ateliers où fonctionnent les métiers à filer.

(A suivre.)

L. BARGERON,
Ingénieur, Inspecteur du Travail.

GÉNIE MARITIME

Les turbines du scout anglais « Bristol ».

L'Amirauté anglaise n'avait admis jusqu'à ces dernières années, pour les bâtiments de guerre, qu'un seul type de turbines, la turbine Parson's. Le *Bristol*, scout ou éclairer d'escadre, de 4 800 tonneaux de déplacement, est le premier navire pour lequel on ait fait exception à cette règle. Le *Bristol* est, en effet, muni de turbines Curtis. L'installation de cet appareil étant la première du type, les turbines ont été étudiées avec beaucoup de soin par les constructeurs, MM. Brown et C^o : plusieurs turbines d'essais ont été construites dans le but de déterminer la meilleure disposition d'ailetage à employer. Les essais du bâtiment ont été, d'autre part, faits avec une attention toute particulière par l'Amirauté. L'*Engineering* du 30 septembre dernier donne quelques indications très intéressantes sur ces essais et sur leurs résultats.

(1) *Bulletin de l'Inspection du Travail*, 1907, p. 688.

(2) *Bulletin de l'Inspection du Travail*, 1905, p. 432.

Rappelons que la turbine Curtis est une turbine à action, c'est-à-dire dans laquelle la vapeur agit sur les aubages mobiles uniquement par la force vive qu'elle a acquise dans les aubages fixes. Elle est à chutes de pression, c'est-à-dire comporte en réalité, dans une même enveloppe, un certain nombre de turbines fonctionnant en série, chacune utilisant une partie de la chute totale de pression, à la manière des cylindres successifs d'une machine à piston à plusieurs expansions.

Enfin, chacune des turbines partielles comporte 3 ou 4 chutes de vitesse, c'est-à-dire que la vapeur, après avoir agi sur un premier aubage mobile, est déviée par un second aubage fixe, qui permet d'utiliser une partie de la force vive restante sur un deuxième aubage mobile. Un troisième aubage fixe permet ensuite l'emploi d'un troisième aubage mobile.

On sait que ces dispositions (chutes de pression et chutes de vitesse) ont pour but d'abaisser le nombre de tours correspondant à l'allure économique de la turbine et de permettre l'accouplement avec l'hélice, dont le rendement serait très mauvais si la vitesse de rotation était trop élevée.

Les avantages réclamés en faveur de la turbine Curtis sont en un mot les suivants :

a) Les turbines à réaction ne donnant pas de fuites de la périphérie des aubages, il est possible d'obtenir un fonctionnement économique sans réduire les jeux entre parties fixes et parties mobiles à une valeur aussi faible qu'avec les turbines à réaction;

b) La turbine Curtis ne comporte qu'un seul corps contenant les turbines de marche avant et de marche arrière, d'où simplification du tuyautage et de l'aménagement des chambres de machines;

c) Elles tournent généralement moins vite que les turbines Parson's, et permettent l'utilisation de propulseurs plus grands, d'un rendement meilleur par conséquent.

Signalons enfin l'emploi, sur le *Bristol*, de vapeur surchauffée de 10 à 50° Fahrenheit (5° à 28° C.), qui a permis un gain assez sensible sur la consommation.

Les essais ont été effectués en usine en absorbant l'énergie produite par la turbine à vapeur au moyen d'un frein hydraulique, sorte de moulinet ou de turbine hydraulique. La puissance était mesurée au moyen d'un torsiomètre Hopkinson.

Les combinaisons d'ailettes suivantes ont été essayées :

TURBINE DE MARCHÉ AVANT. — 1° Une turbine comportant 11 chutes de pression, comprenant, la première, quatre chutes de vitesse, les autres trois chutes seulement (34 rangées d'ailettes au total), le tout monté sur disques, comme l'est la turbine Curtis habituelle;

2° Pour permettre l'équilibrage de la poussée de l'hélice par celle de la vapeur, on décida de remplacer les 4 derniers disques par un tambour portant 18 rangées d'ailettes constituant 18 chutes de pression sans étages de vitesse. Cette disposition permit de porter à 40 le nombre total des rangées d'ailettes;

3° On essaya, à titre de comparaison, de remplacer, dans la turbine précédente, le tambour d'aubages à action par un tambour à réaction. La différence avec le type précédent fut reconnue insensible, et le type à action fut finalement accepté, avec une légère augmentation du nombre de rangées.

TURBINE DE MARCHÉ ARRIÈRE. — 1° Turbine comportant 2 chutes de pression, avec chacune 4 chutes de vitesse;

2° Le nombre de chutes de vitesse fut porté à 5 par chute de pression. Un tambour à action avec 9 rangées d'ailettes fut ajouté. Le rendement fut trouvé meilleur;

3° Le tambour dut être allongé légèrement pour arriver à la condition imposée par l'Amirauté d'avoir une turbine de marche arrière d'une puissance égale à la moitié de celle de la turbine de marche avant, ce qui imposait, pour la turbine de marche arrière, un rendement au moins moitié du rendement de la

turbine de marche avant, la consommation de vapeur totale étant la même.

RÉSULTATS DES ESSAIS EN USINE. — La figure 1 représente la courbe de consommation de vapeur aux différentes puissances de la turbine à tambour d'action. La figure 2 indique le gain en

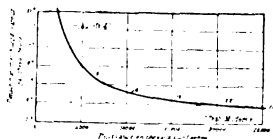


FIG. 1. — Turbine d'essai n° 2.
Consommation de vapeur en
Kg. par cheval-heure.

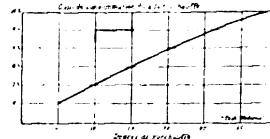


FIG. 2. — Gain de consommation
du à la surchauffe.

pour 100 attribuable à la surchauffe. Le gain est à peu près le même à toute puissance et à mi-puissance.

RÉSULTATS DES ESSAIS A BORD. — Les dimensions du *Bristol* sont les suivantes :

Longueur	131 ^m .
Largeur	14 ^m ,35
Tirant d'eau moyen	4 ^m ,65
Déplacement	4 800 tonnes.

Il possède 12 chaudières Yarrow et 2 turbines Curtis indépendantes, commandant chacune une ligne d'arbres. Chaque turbine comprend : 7 disques, le premier portant 4 rangées d'ailettes, les suivantes 3 rangées; et, à la suite de ces disques, un tambour comportant 23 rangées d'ailettes à action, constituant 23 chutes de pression. La turbine de marche arrière est dans la même enveloppe que celle de marche avant. Elle comprend 2 disques à 5 rangées et un tambour à 7 chutes de pression à une rangée. Le tableau 1 ci-dessous donne, d'après *Engineering*, les résultats d'essais en route libre (vitesse en nœuds et puissance en chevaux sur l'arbre) :

TABLEAU I. — Résultats des essais officiels du Bristol.

DURÉE DE L'ESSAI	PUISANCE MOYENNE en chevaux sur l'arbre	VITESSE MOYENNE en nœuds
4 heures	1 865	12,96
4 heures	4 980	17,66
4 heures	9 550	21,17
22 heures	14 500	21,06
8 heures	19 400	25,17
8 heures	24 600	26,84

Le tableau 2 donne la consommation de vapeur aux diverses puissances et la consommation d'un bâtiment de la même classe, muni de turbines Parson's. La différence est légère, elle est en faveur des turbines Parson's, mais elle est contrebalancée par la plus grande valeur du rendement des hélices du *Bristol*, due à une valeur plus faible de la vitesse de rotation.

TABLEAU II. — Consommation d'eau par cheval-heure sur l'arbre
(auxiliaires non compris).

PUISANCE chevaux sur l'arbre	BÂTIMENT à turbines Brown-Curtis	BÂTIMENT à turbines Parson's
	kg.	kg.
Toute puissance	5,46	5,26
18 250	5,66	5,41
8 920	6,31	6,08
4 460	7,96	7,07
1 622	11,00	11,05

La figure 3 donne trois courbes de consommation de vapeur des turbines du *Bristol*.

La courbe A représente la consommation des turbines seules;

La courbe B est relative à la consommation des turbines et de leurs auxiliaires, ceux-ci évacuant au condenseur;

La courbe C correspond à la consommation des turbines et auxiliaires, ceux-ci évacuant dans les derniers aubages de la turbine.

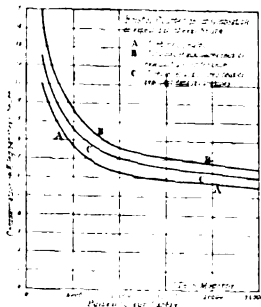


FIG. 3.

On voit que cette dernière disposition a pour résultat une économie très notable (la consommation totale est réduite de la moitié environ de la consommation des auxiliaires). Cette économie est due au fait que les auxiliaires ne comportent qu'une détente très faible et qu'en faisant échapper la vapeur qui en provient dans la turbine, on utilise très complètement la détente de cette vapeur.

Les courbes de la figure 3 mettent en évidence un fait remarquable, à savoir : l'importance relativement considérable de la consommation des auxiliaires dans un appareil moteur à turbines; à toute puissance, les auxiliaires consomment à eux seuls le quart environ de la quantité totale de vapeur.

P. LORAIN.
Ingénieur du Génie Maritime.

MÉCANIQUE

Appareil à couper les tubes (système Gallon).

L'enlèvement des tubes à fumée des chaudières de locomotives s'effectue généralement de deux façons, soit en déformant les extrémités des tubes sertis dans les plaques tubulaires, soit en les sectionnant à l'intérieur de la chaudière près de la plaque tubulaire du foyer ou près des deux plaques, c'est-à-dire aux deux extrémités.

La première méthode qui consiste, dans tous les cas, à extraire les tubes par les alvéoles de la plaque tubulaire de boîte à fumée, est une opération relativement longue et parfois difficile, les tubes étant le plus souvent recouverts d'une couche de tartre. De plus, l'emploi d'un outil spécial dit « langue de carpe », que l'on enfonce entre le tube et le métal de la plaque pour obtenir le décollement de l'assemblage, présente le grave inconvénient de produire des déformations souvent très accentuées des trous à tubes, notamment dans les plaques en cuivre.

Au contraire, la seconde méthode, par sectionnement des tubes à l'intérieur de la chaudière, permet d'extraire ceux-ci rapidement et facilement en évitant complètement les coups d'outil dans les plaques et la déformation des trous à tubes.

Le sectionnement de l'une des extrémités des tubes convient particulièrement lorsque les diamètres extrêmes de ceux-ci sont différents et lorsque la couche de tartre qui les recouvre est peu appréciable; les tubes sont alors extraits des plaques par leur alvéole respective.

Le sectionnement pratiqué aux deux extrémités des tubes assure une extraction facile, quels que soient la forme des tubes et le degré d'entartrement; dans ce cas, tous les tubes d'une chaudière sont extraits par un même orifice de dimensions appropriées, le plus souvent disposé à la partie inférieure de la plaque tubulaire de boîte à fumée.

Ce sectionnement des tubes à l'intérieur des chaudières est pratiqué depuis longtemps à l'aide d'appareils à molettes ou à couteaux, mais l'usage d'aucun de ces appareils ne paraît s'être beaucoup répandu.

Le nouvel appareil à couper les tubes (fig. 1 et 6), étudié pour opérer dans les chaudières, est simple, robuste, d'une manœuvre facile et très rapide; il permet de couper un tube en quelques secondes sans grands efforts, tous les frottements nuisibles étant évités.

Il comporte essentiellement :

Un cylindre (A) — fig. 1 et 4 — pourvu d'une tige (B) et d'une contre-tige (C). Un couteau (D) disposé dans le cylindre et articulé sur un axe fixe (E) excentré par rapport à l'axe de l'appareil. Trois galets (F) fournissant au couteau l'appui nécessaire pendant le travail. Une bague à embase (G) de forme conique, mobile sur la tige (B) et contrebutée par une seconde bague (H) de position réglable, déterminant la pénétration de l'appareil à l'intérieur du tube à sectionner et le guidant concentriquement à celui-ci.

Suivant la profondeur à laquelle l'appareil doit effectuer la coupe à l'intérieur du tube et suivant le type des tubes sur lesquels on doit opérer, la contre-tige (C), qui assure le guidage du cylindre porte-outil, peut recevoir, soit un tambour (L) convenant particulièrement pour tubes lisses, soit une rondelle (M) — fig. 2 — destinée à opérer dans les tubes à ailettes comme il est représenté figure 3. Le tambour (L) est maintenu sur la contre-tige par une bague (N) et la rondelle (M) est contrebutée par les bagues (N') et (N'').

Le fonctionnement est le suivant :

Après avoir réglé la position de la bague (B) sur la tige, on

FIG. 1.

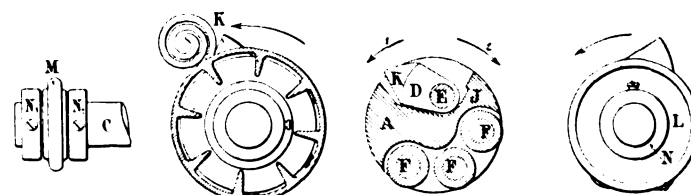
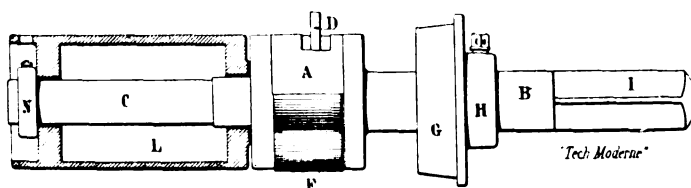


FIG. 2.

FIG. 3.

FIG. 4.

FIG. 5.

FIG. 1. — Vue longitudinale de l'appareil monté avec coupe du tambour (L).

FIG. 2. — Vue longitudinale de la disposition de la bague (M) sur la contre-tige.

FIG. 3. — Vue en coupe transversale d'un tube à ailettes dans lequel l'appareil effectue le sectionnement, la contre-tige étant munie de la bague (M).

FIG. 4. — Vue en coupe transversale du cylindre porte-outil, le couteau occupant la position rabattue.

FIG. 5. — Vue en bout de l'appareil monté avec le tambour (L).

introduit l'appareil à l'intérieur du tube à couper, de façon à ce que la bague (G) s'appuie sur la contre-bague (H); le couteau occupe à ce moment la position rabattue comme il est indiqué figure 4.

A l'aide d'un levier monté sur le carré (I), on imprime à l'appareil un mouvement de rotation dans le sens de la flèche (1), la pointe du couteau vient rencontrer la paroi du tube, le couteau se redresse en tournant sur son axe et perce le tube en venant s'appuyer contre son épaulement (J). A ce moment, la partie active (K) du couteau (D) attaque le métal sous un angle favorable et le sectionne sur toute son épaisseur en rejetant le copeau à l'extérieur comme il est représenté figure 3.

Comme on le voit, le perçage s'exécute en tournant d'une fraction de tour, et la coupe du tube en tournant l'appareil d'un tour seulement; ces deux opérations se font consécutivement, sans interruption du mouvement dans la manœuvre par la rotation continue de l'appareil. Il n'y a pas de manœuvre spéciale pour engager ou dégager le couteau; pour cette dernière opération il suffit de tourner en sens inverse, flèche (2); le couteau frotte contre la paroi coupée, se rabat et on peut retirer l'appareil.

La disposition spéciale de la lame du couteau produit la coupe par un véritable cisaillement progressif, sans occasionner aucune déformation du tube.

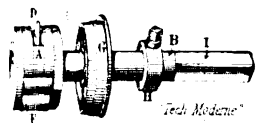


FIG. 6. — L'appareil non muni de contre-tige.

On peut couper les tubes à une distance quelconque de l'extrémité; il suffit d'emmancher sur le carré (I) une allonge de dimension appropriée.

Lorsque cet appareil est destiné à être employé exclusivement pour couper des tubes à longue distance, c'est-à-dire avec allonge, il peut être établi sans contre-tige, comme il est représenté figure 6.

H. GALLON,
Chef d'Atelier aux Chemins de fer de l'Etat.

MINES, MÉTALLURGIE ET MÉCANIQUE

Congrès international des Mines, de la Métallurgie, de la Mécanique et de la Géologie appliquée, tenu à Dusseldorf (du 19 au 23 juin 1910) (suite et fin¹).

IV. — SECTION DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE.

MOTEURS. — Un excellent préambule aux travaux de cette section est fourni par l'étude de M. C. M. MATSCHOSS sur le *Rôle des mines et de la métallurgie dans l'histoire de la construction des machines motrices*. De tout temps, dit-il, les mines et la métallurgie ont occupé le centre des créations techniques. Il y a une relation intime et réciproque entre le développement de ces spécialités, la création et l'orientation de la construction des machines. Dans l'histoire de l'évolution générale de ces industries, on peut distinguer quatre périodes. La première, caractérisée par l'emploi exclusif des moteurs animés, hommes et animaux, embrasse toute la période de l'antiquité jusque vers le moyen âge. Alors apparaît la force hydraulique dont le règne atteint jusqu'au début du XVIII^e siècle, puis la force motrice à vapeur se développe et occupe le XIX^e siècle; enfin, avec l'introduction de la transmission de l'énergie par l'électricité et la mise en valeur des gaz de hauts fourneaux, nous entrons dans la période moderne, dont l'origine se trouve à la fin du siècle dernier. L'auteur passe en revue les étapes principales de ces différentes périodes et conclut en faisant ressortir la nécessité de cultiver l'histoire de la technique.

Nous reviendrons ailleurs sur l'étude du Dr HOFFMANN, relative à la *Direction des moteurs et spécialement des machines d'extraction et de commande des dynamos et laminoirs*.

Le *Développement des condensations isolées et centrales*, dit M. E. STACH, date, dans les mines et la métallurgie, de la solution donnée par les réfrigérants au problème de l'eau de refroidissement. Aujourd'hui, les seuls condenseurs employés sont ceux à mélange et ceux à surface, ces derniers du type fermé ou vertical ouvert à la partie supérieure. Aux pompes à piston encombrantes, se sont substituées les pompes rotatives, bien que, pour les grandes quantités d'air, les premières restent toujours les mieux appropriées. Les derniers progrès tendent vers l'emploi des pompes à injection d'eau en utilisant la vitesse de l'eau de réfrigération pour évacuer l'air du condenseur par des tuyères.

D'autre part, M. E. Stach parle des *Accumulateurs de chaleur* pour l'utilisation des vapeurs d'échappement dans les turbines à basse pression. On a d'ailleurs étendu aux machines à piston ce procédé, qui a pris une importance extraordinaire pour la commande des machines électriques, machines soufflantes et com-

presseurs. L'emmagasinage de la vapeur est le point important. On emploie aujourd'hui, à cet effet, les accumulateurs de chaleur avec utilisation de l'eau comme agent de transmission et les accumulateurs de vapeur pour recevoir et délivrer des quantités variables de vapeur.

L'accumulateur de vapeur, dit le professeur RATEAU, dans son étude sur la *Récupération des vapeurs d'échappement et les turbines mixtes*, a contribué avec ces dernières à augmenter le nombre des installations à vapeur d'échappement. Les premières turbines mixtes étaient à deux corps, l'un à haute, l'autre à basse pression. Les turbines actuelles ont un seul corps avec une série de roues pour la haute pression, une autre pour la basse pression; la vapeur d'échappement arrive par un tore disposé entre les deux. Le réglage de ces machines ne se fait pas uniquement par le régulateur de vitesse qui permettrait l'écoulement trop facile de la vapeur de l'accumulateur dans la turbine et ferait tomber la pression très bas dans le fonctionnement à haute pression; le réglage pour la marche des alternateurs en parallèle offrirait d'ailleurs des difficultés. M. Rateau a résolu le problème en faisant agir le régulateur de vitesse sur les deux obturateurs de vapeur de haute et de basse pression qui se commandent réciproquement. Il démontre que, par le choix convenable du nombre des roues, on peut obtenir avec ces turbines un rendement équivalent à celui des turbines à haute pression.

De *Nouvelles observations sur le service des gros moteurs à gaz* sont présentées par le professeur LANGER. Les premières installations ont eu à lutter contre des difficultés d'ordre général, occasionnées principalement par des charges permanentes trop élevées. On y a apporté une notable amélioration par l'abaissement des pressions moyennes sur les pistons de 5,5 à 4,5 kg. par centimètre carré, en sorte qu'aujourd'hui on peut compter sur un rendement régulier et continu des moteurs à gaz de 70 %. La condition fondamentale d'une bonne marche est un grand excès d'air dans le mélange gazeux. La composition de celui-ci doit toujours être contrôlée par le régulateur, sans modification possible à la main. La partie faible des moteurs à gaz est le cylindre. Les fissurations y sont occasionnées par la tension réciproque des deux parois et par les différences de température dans les parois de la chambre d'explosion. On combat avec succès le premier inconvénient par des dispositifs appropriés de construction et de moulage, et le second, par l'emploi d'une fonte suffisamment résistante. L'acier moulé est impropre à la construction des cylindres.

TRACTEURS ET TRANSPORTEURS. — Dans l'état actuel des tarifs de salaires, dit M. FR. TILLMANN, la question du *Roulage dans les mines* mérite une plus grande attention en raison de son influence non négligeable sur les prix de revient du minerai. Le roulage à bras d'homme et à traction animale est aujourd'hui remplacé par le roulage mécanique, plus économique et plus productif. Les locomotives à vapeur conviennent peu au service au fond des mines. Les locomotives électriques à courant continu ou monophasé, plus rarement triphasé, se sont introduites avec succès. Les locomotives à accumulateurs électriques, moins économiques, sont parfois utilisées dans les galeries secondaires pour éviter les fils conducteurs. Les locomotives à combustible liquide, benzine, benzol, etc., se sont très répandues; elles peuvent circuler dans toutes les galeries, mais présentent l'inconvénient d'en polluer l'atmosphère par leurs gaz d'échappement et d'offrir des dangers d'explosion dans les mines grisouteuses; c'est pourquoi les locomotives à air comprimé commencent à se propager. La traction par locomotive se limite en général aux galeries horizontales, tandis que les trainages par câble et par chaîne sont appliqués aussi bien aux galeries horizontales qu'aux galeries inclinées. Dans des conditions favorables de galeries, ces systèmes de roulage sont sans égaux.

Sur le *Roulage par locomotives à air comprimé dans les mines allemandes*, M. PH. GILLER donne des renseignements détaillés.

¹ Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 10, p. 577; n° 11, p. 611, et n° 12, p. 707.

Ce n'est qu'en 1907 que ce système, déjà très développé en Amérique, a été introduit en Allemagne aux charbonnages du Kölner Bergwerksverein par la Société Schwartzkopff, tandis que la Société Rud. Meyer a fourni, en 1909, une installation pour la fosse Rheinelbe III de la Société minière de Gelsenkirchen. La première installation emploie une pression de 50 kg. au réservoir d'air; la seconde, une pression de 60 kg. Le rapporteur est d'avis d'augmenter cette pression jusqu'à 100 ou 120 kg. pour avoir le rayon d'action le plus grand possible, jusqu'à 4.000 mètres et plus. D'autre part, la machine compound procure une économie de 25 à 30 % sur la consommation d'air comprimé, mais elle a l'inconvénient d'occasionner la congélation du moteur. Selon l'auteur, les moteurs jumelés donneraient une consommation aussi économique sans avoir cet inconvénient.

La réduction des frais de transport par l'emploi des *Transporteurs aériens à câble et électriques* ressort de l'exposé fait par M. G. VON HANFSTENGEL sur les systèmes de la maison Bleichert et C^{ie}, ainsi que de la description des *Transporteurs aériens à grande capacité*, système Pohlig, par M. ELLINGEN.

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ. — *L'influence de l'électricité sur l'évolution et la capacité de rendement des engins de levage dans les mines et la métallurgie* a été considérable. La production dépend, en effet, de la vitesse de manutention du matériel; or, l'électricité appliquée comme force motrice a permis d'augmenter considérablement cette vitesse et d'étendre le champ d'action des appareils de levage et de transport. L'utilisation de ce nouveau mode d'énergie eut une répercussion sur la production, en détermina l'accroissement et força à de nouveaux progrès. M. FR. HEYN signale les machines d'extraction, les culbuteurs, ponts transbordeurs, etc., mus par l'électricité et qui assurent, pour ainsi dire sans l'aide de travail manuel, le transport des matériaux arrachés aux entrailles de la terre. Les hauts fourneaux sont aujourd'hui presque exclusivement chargés par des monte-charges électriques dont un système à bennes cylindriques atteint au chiffre colossal de 2.200 tonnes de coke et de minerai par dix-huit heures. Les aciéries et laminiers ont vu également naître de nouveaux types de ponts roulants pour le service des fours, les coulées, etc.

M. PHILIPPI fait le tableau de l'*Emploi de l'électricité dans l'exploitation des mines* pour la commande des perforatrices des pompes d'exhaure, des ventilateurs et des machines d'extraction. Il montre notamment la supériorité économique des machines du type Ilgner.

M. K. MALEYKA, de son côté, étudie l'*Electricité en sidérurgie* et donne un aperçu d'ensemble de ses applications: éclairage, laminiers, machines soufflantes, fours électriques. Pour ces derniers, il faut généralement des génératrices spéciales ou des transformateurs; il en est de même des installations de soudure électrique. L'orateur fait ressortir l'avantage du groupement de la production de l'énergie électrique dans les stations centrales où il n'est pas nécessaire, en général, d'équilibrer la charge. Dans les cas particuliers, on peut employer pour cet usage des machines-tampons à volant ou des batteries-tampons à accumulateurs avec une machine auxiliaire.

COMPRESSEURS ET VENTILATEURS. — Par un rapide historique du *Développement des ventilateurs et des compresseurs dans les mines allemandes*, M. TH. VON BAVIER rappelle que, depuis plus de cent ans, on a employé, lorsqu'on disposait de la force hydraulique, de simples pompes en bois pour l'aérage des mines. Dans les houillères, on s'est servi dans le même but des fourneaux d'aérage. Le ventilateur Guibal, originaire de Belgique, a fait son apparition au milieu du XIX^e siècle.

Depuis, les ventilateurs Kley, Pelzer et Cappel, entre autres, ont pris un grand développement. Plus récemment, sont apparus le ventilateur du professeur Rateau et le ventilateur Hohenzollern. Plus récentes aussi sont les installations de compresseurs. En 1873, la mine Friedrichsegen commanda à Cockerill, de Seraing,

un compresseur d'air système Sommellier, qui était alors une nouveauté pour l'industrie allemande. Ce compresseur était du type humide. Depuis, on est passé aux compresseurs semi-humides et aux compresseurs secs à plusieurs étages. Dans la construction des cylindres, celle des organes de retenue de l'air joue le rôle principal. Après les clapets des compresseurs humides, on a eu les soupapes métalliques à dash-pots à air ou à huile, puis les soupapes commandées, les tiroirs plans, les tiroirs rotatifs, les pistons-tiroirs, enfin les soupapes automatiques perfectionnées permettant la construction de compresseurs plus grands et plus rapides.

Dès 1901, le professeur RATEAU a installé des *turbo-soufflantes* et, en 1905, le premier *turbo-compresseur* à roues multiples pour haute pression. Depuis lors, la conception de ces machines n'a pas varié; on y retrouve toujours le diffuseur annulaire avec canal de retour en forme d'U vers l'aspiration de la roue suivante. Les changements dans les dispositions de détail ont porté notamment sur le refroidissement de l'air par circulation d'eau dans les corps, l'emploi de paliers complètement clos pour éviter les fuites et d'arbres flexibles pour réduire le nombre des corps. L'équivalence du rendement des compresseurs centrifuges et des compresseurs à piston, constatée par M. Havelick dans des essais sur deux machines de même puissance, est due au refroidissement plus efficace de l'air dans le compresseur centrifuge, ce qui permet de racheter le rendement plus faible du turbo-ventilateur par une compression plus voisine de la courbe isothermique. Il y a actuellement en service plus de 80 compresseurs de ce type dont plus de 30 à haute pression pour des puissances de 800 chevaux et au-dessus.

M. P. BERNSTEIN expose le fonctionnement des *Compresseurs hydrauliques* qui permettent, avec de faibles hauteurs de chute, d'obtenir de hautes pressions de l'air et cela dans des conditions très économiques. Ces appareils sont d'ailleurs d'une très grande simplicité et donnent un air exempt de poussière et d'huile, froid, et, par conséquent, possédant le minimum d'humidité, ce qui, *a priori*, pourrait paraître paradoxal.

PRÉPARATION DES MINERAIS. — Dans l'*État actuel de la préparation des minerais*, dit M. P. BODENSTEIN, à côté de la préparation mécanique, on emploie encore le triage à la main. Ce procédé se maintiendra d'ailleurs car, en séparant tout d'abord le minerai en morceaux des stériles, on réduit les pertes inévitables de la préparation mécanique et on épargne un travail inutile. Le concasseur a pris des dimensions notables et les cylindres broyeurs ont permis d'accélérer beaucoup le travail. Les broyeurs humides à boulets ont conquis une place de premier rang pour réduire les minerais à un grand degré de finesse, tandis que ceux à percuteur à croisillon sont difficilement égalés pour le broyage des minerais fins. Les meules humides sont d'une installation et d'un fonctionnement onéreux, eu égard à leur production; il en est de même des bocards, qui ne conviennent d'ailleurs que pour la pulvérisation. Les minerais sont aujourd'hui classés dans des cribles cylindriques. La séparation mécanique par voie humide est précédée d'un lavage des minerais dont le grain dépasse 50 mm. Les efforts faits pour augmenter le rendement des machines de triage par lixiviation par accroissement des surfaces de dépôt ont été limités par le travail défavorable de ces machines. C'est pourquoi on n'a pas dépassé beaucoup les proportions usitées jusqu'ici. Le lavage des schlamms se fait de préférence sur les tables à riffles et sur les tables circulaires pour les plus fines. On est arrivé aujourd'hui à la séparation électro-magnétique humide; les procédés par flottage se limitent aux sulfures et arsénifères métalliques et à quelques métaux purs à l'état de très fine mouture. La séparation électro-statique suppose un minerai sec à grain fin et exempt de poussière. En ces derniers temps, on est parvenu à donner au fer spathique, dans des fours tournants et dans des convertisseurs de grillage, une forme appropriée au traitement au haut fourneau. De même, par lixiviation du minerai de cuivre

pauvre, on a réussi à opérer dans des conditions favorables un grillage sulfatant.

V. — SECTION DE GÉOLOGIE APPLIQUÉE.

Les travaux de cette section sortant quelque peu du programme de *La Technique Moderne*, nous les mentionnerons très brièvement.

Sous la dénomination de *Sources juvéniles*, le Dr O. STUTZER traite de la génération de l'eau par les roches elles-mêmes. Il démontre qu'on a fort exagéré l'importance de ce phénomène et que les eaux de cette provenance sont pour beaucoup le produit de la distillation de roches chauffées, mélangé parfois aux dégagements gazeux de roches de profondeur. La minéralisation de ces eaux s'effectue dans les couches profondes et provient quelquefois aussi des roches en distillation.

Les barrages du district de la Ruhr et spécialement le barrage de la vallée de la Möhne ont une importance capitale pour la région industrielle de la Ruhr, ainsi que l'expose M. LINK. L'association pour les barrages de la vallée de la Ruhr englobe tous les captages d'eaux communales et privées de cette vallée, avec un débit global de 273 millions de mètres cubes en 1909. Ses statuts lui donnent comme objet de faciliter la construction de barrages dans cette vallée. De 1900 à 1906, on en a établi pour un cube de 31,25 millions de mètres. Comme cela ne suffisait cependant pas, on a décidé de barrer la vallée de la Möhne pour constituer une réserve d'eau de 130 millions de mètres cubes. On espère que les travaux seront terminés en 1913. Le cube de maçonnerie calculé est de 290 000 m³. Le barrage reviendra à 0 fr. 20 par mètre cube d'eau emmagasinée.

Le professeur H. POTONIE explique la genèse de la *Formation de la houille et des combustibles minéraux*. Il distingue trois sortes de roches :

Les sapropélites, formées d'organismes riches en albuminoïdes et en protéine, parmi lesquels la faune et la flore en suspension dans l'eau jouent le rôle principal. La houille grasse à longue flamme et le pétrole appartiennent à cette catégorie.

Les humus-caustobiolithes formés de plantes riches en hydrates de carbone, y compris les plantes de marécages ; à cette série appartient la houille proprement dite :

Les liptobiolithes, qui ont résisté en partie à la transformation houillère parce que les matières végétales contenaient des substances difficilement décomposables, telles que les résines, cires, etc. ; à cette section appartiennent le copal, l'ambre, etc.

M. WERNER explique la *Formation des filons argentifères de Saint-Andreasberg-en-Harz* et M. CAPACCI décrit les *Gisements aurifères de l'Abyssinie et de l'Erythrée*. M. MINTROP présente une note sur les *Tremblements de terre artificiels*, c'est-à-dire sur les trepidations du sol produites par l'activité humaine, y compris les mouvements de terrains dus à l'exploitation des mines. La station sismique de la « Caisse Westphalienne des Mines » étudie dans un but pratique les effets des ébranlements dus aux tremblements de terre artificiels.

Les sismographes employés sont des pendules horizontaux système Wiechert à enregistrement photographique et grossissement de 2 000 à 50 000 fois. On a observé notamment qu'un moteur à gaz Duplex à simple effet et à quatre temps, de 400 chevaux, faisant 145 tours à la minute, donne des oscillations périodiques du sol perceptibles jusqu'à 3 km. 8.

Enfin, le professeur MOURLON, directeur du Service géologique de Belgique, annonce que la documentation de ce service paraît aujourd'hui suffisamment avancée pour réaliser très complètement la *Synthèse de la géologie belge*. Ce travail comporte 432 planchettes-minutes au 20 000^e, dont des spécimens figuraient à la section des Sciences de l'Exposition de Bruxelles.

L. DESCROIX,

Ingénieur,

Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

De la combustion économique des fines et poussières.

Parmi les divers facteurs qui influent pratiquement sur le coût de la tonne de vapeur, les deux principaux sont : le travail du chauffeur et le coût du combustible.

Toutefois, il ne suffit pas d'installer un foyer mécanique et d'acheter des poussières à bas prix pour obtenir de la vapeur économique : il faut avant tout que l'utilisation thermique soit convenable. Il ne servirait évidemment de rien d'employer du charbon peu coûteux, s'il faut en brûler beaucoup plus.

Or, c'est là ce qui se passe dans le plus grand nombre des cas. Nous avons été frappé du nombre d'industriels qui, pour faire une économie de 5 à 6 francs par tonne de combustible, brûlent des menus dans des conditions de rendement déplorables ; les poussières se brûlent généralement sur des grilles spéciales à faibles espaces d'air, et sur grosse épaisseur, ce qui exige un soufflage sous pression assez forte. Combien emploient des souffleries avec une pression de vapeur de 2 kg. ! Avec ces fortes pressions, les trous dans le feu et les excès d'air sont inévitables, d'où mauvaise combustion.

D'autre part, aucun foyer mécanique usuel ne peut s'accommoder des fines, de sorte que dans l'état actuel de la question, le problème de l'utilisation économique des poussières est ouvert. Nous croyons utile de signaler une méthode intéressante que nous avons récemment expérimentée avec grand succès : cette méthode consiste essentiellement à agglomérer les poussières par distillation comme dans un four à coke, et à brûler ensuite le coke éminemment poreux ainsi obtenu. Avant de discuter nos essais sur le foyer Savary, nous rappellerons succinctement les principes d'une bonne combustion.

DE LA COMBUSTION RATIONNELLE. — Il est très rare qu'un foyer de générateurs soit établi rationnellement au point de vue de la combustion.

Pour obtenir une combustion aussi parfaite que possible, il faut :

1° Obtenir un mélange aussi intime qu'on pourra le réaliser du combustible et du comburant, autrement dit avoir la couche en ignition aussi perméable, aussi poreuse que possible ;

2° Que toute la chaleur dégagée pour la réaction chimique soit employée d'abord à élever au plus haut point la température de la flamme, la combinaison ne se faisant qu'à haute température ;

3° Que le chauffage proprement dit ne commence qu'après la combustion complète.

Il peut sembler *a priori* paradoxal de présenter la combustion et le chauffage comme antagonistes, et pourtant, pour s'en convaincre, il suffit de rappeler l'expérience de la soucoupe ou de la toile métallique interposés dans une flamme : immédiatement la combustion est arrêtée, et il y a production de noir de fumée.

Le même phénomène se reproduit identiquement dans un foyer de chaudière lorsque les tubes ou les tôles sont trop près de la couche en ignition, et ceci explique notamment pourquoi il est impossible de brûler économiquement des charbons gras dans les générateurs à foyer intérieur.

Outre les conditions précédentes, la combustion rationnelle doit s'inspirer de l'état physique du charbon employé, et du mode d'introduction de l'air.

L'élément combustible du charbon est constitué par un mélange en proportions variables de matières volatiles et de carbone fixe (coke). Pour obtenir une combustion parfaite, il faut que ces deux éléments brûlent séparément, en d'autres termes, il faut que le foyer provoque successivement :

1° La distillation et la combustion des matières volatiles ;

2° La gazéification et la combustion du coke restant.

Si cette double fonction n'est pas remplie, l'utilisation est mauvaise : au début, l'afflux d'air est insuffisant à la fois parce

que la distillation est intense et que le charbon n'est pas assez perméable à l'air; à la fin, l'air est en excès, à la fois parce que le coke est très poreux et que la couche devenue moins épaisse se laisse facilement percer par des trous d'air.

Enfin, le fonctionnement matériel du foyer a lui-même une importance assez considérable : suivant que la couche sera plus ou moins égale, que les bords et le fond seront plus ou moins bien garnis, l'air sera uniformément tamisé, ou au contraire s'engouffrera par les courts-circuits.

En un mot, le foyer idéal au point de vue combustion, est celui qui répondra aux desiderata suivants :

Garnir de façon continue la grille avec une couche de combustible aussi perméable que possible à l'air, maintenue de hauteur égale et uniforme en tous les points.

En outre, au point de vue chauffage, il devra répondre aux suivants :

N'admettre les gaz chauds au contact des tôles que lorsque la combustion est complètement achevée, c'est-à-dire lorsque la flamme a atteint sa plus haute température.

Il faut donc employer un foyer extérieur, et à une distance telle des tubes ou tôles qu'on n'ait pas à craindre le refroidissement de la flamme et une production de fumée par arrêt de la combinaison.

LES POINTS FAIBLES DU FOYER MÉCANIQUE. — Ceci établi, quels sont les foyers qui remplissent les conditions susdites?

Nous n'en connaissons aucun avant le foyer décrit plus bas qui paraît original à première vue, et qui séduit lorsqu'on l'étudie de plus près.

Tout le monde est d'accord pour reconnaître que le chauffeur, dont le rendement est capricieux et aléatoire, devient un instrument de plus en plus exigeant et peu maniable : c'est la raison principale de l'expansion du foyer mécanique. Mais tout le monde est d'accord pour reconnaître que celui-ci est un outil encore peu satisfaisant.

On peut ranger les divers types de foyers automatiques sous l'une des classes suivantes :

- 1° Foyer à pelletage;
- 2° Foyer à alimentation par en dessous;
- 3° Foyer à grille sans fin;
- 4° Foyer à barreaux mobiles inclinés;
- 5° Foyer à cuisson préalable.

Les deux premières catégories n'assurent pas l'épaisseur uniforme de la couche de combustible; l'air passe donc plus facilement en un point qu'en un autre.

Les deux catégories suivantes renferment les appareils donnant les meilleurs résultats, mais là encore on est loin de la perfection. La principale critique est l'irrégularité de combustion : à l'avant du foyer la couche est épaisse et imperméable ; au fur et à mesure de l'avancement, l'épaisseur diminue, la porosité augmente, de sorte qu'à l'arrière l'air passe en grand excès, ou sinon il faut rejeter une grande proportion d'escarbilles non brûlées dans les cendres, si l'on veut conserver une arrière-grille suffisamment garnie.

La dernière classe est la plus rationnelle puisqu'elle consiste à « cuire » le combustible comme dans un four à coke, à brûler séparément les matières distillées avec un peu d'air secondaire, et à pousser le coke incandescent sur la grille. Jusqu'ici on ne comptait dans cette catégorie que quelques vagues brevets, qui ne furent jamais réalisés autrement que sur le papier; le foyer Savary, que nous avons récemment expérimenté, nous paraît le représentant autorisé de cette classe.

LE FOYER TOURNANT J. SAVARY. — La figure représente schématiquement l'appareil. M se compose essentiellement d'une grille tronconique solidaire d'une sole tournante A en réfractaire.

Sur cette sole, une trémie d'alimentation étale le combustible : les matières volatiles distillent et sont brûlées avec un peu d'air secondaire au contact de la voûte réverbère R assurant dans

l'enceinte une température très élevée. Au bout d'une révolution de la sole, la distillation étant achevée, le sabot déverseur S fait tomber le coke incandescent sur la grille inclinée, où il est brûlé. Les cendres s'accumulent à la partie inférieure comme dans un gazogène, et le décrassage peut s'y faire à la main très facilement (l'adhérence des mâchefers étant empêchée par un pulvérisateur d'eau) ou automatiquement, comme dans un gazogène au coke à sole tournante.

Enfin, par la disposition de l'ensemble, on voit que le foyer est nettement extérieur et que seul le faisceau de flamme est admis sous les tubes. En un mot, cet appareil remplit toutes les conditions que nous avons rappelées plus haut, et à ce titre, il nous a vivement intéressés.

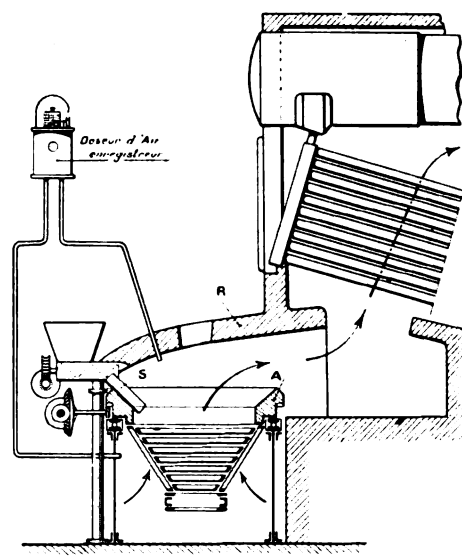


FIG. 1. — Foyer tournant (système J. Savary).

ESSAIS DE COM-

RUSSION ET DE VAPORISATION. — Voyons les résultats. Nous avons procédé à de nombreuses expériences sur un foyer de 2 m² de surface de grille monté sur un générateur Babcock de 150 m² de surface de chauffe.

Le combustible employé était du poussier : un mélange de 3/5 fines grasses de la Rhur et 2/5 fines maigres du Nord; les caractéristiques moyennes du mélange étant : matières volatiles, 18 %; eau, 6,75 %; cendres, 9 %. La combustion générale a été excellente comme il fallait s'y attendre : près de la voûte, l'analyse complète de la flamme donne : acide carbonique 17 %, oxyde de carbone néant; plus bas, l'oxygène est en plus grande abondance : 4 à 5 %. Au registre, on trouve 13 % d'acide carbonique avec 5 à 6 % d'oxygène et toujours sans oxyde de carbone. Nous insistons sur ce point, parce que nous n'avons *jamais*, au cours de nombreux essais, trouvé plus de 12 à 13 % de CO¹ sans rencontrer des proportions de plus en plus appréciables d'oxyde de carbone; de plus, l'on réalise ordinairement ces fortes teneurs avec une flamme rougeâtre, peu chaude et légèrement fuligineuse; en d'autres termes, le générateur ne vaporise pas à son régime normal. Dans le cas présent, la flamme était très

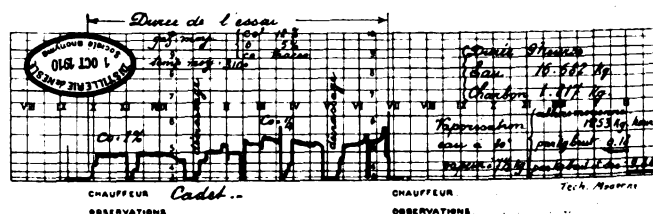


FIG. 2. — Diagramme de vaporisation.

chaude, et la vaporisation moyenne sur 9 heures, de 2 000 kg., ce qui est normal pour le type en essai.

Un essai de vaporisation industriel, c'est-à-dire sur le générateur en condition courante, ni ramoné, ni avec fissures spécialement bouchées, n'ayant pas été nettoyé d'incrustations depuis quatre mois, et piquages, décrassages ordinaires du feu compris, nous a donné une vaporisation de 9,84 kg. de vapeur par kilogramme de charbon brut et sec. Combustible : mélange de

poussières ci-dessus indiqués; eau à 80°, vapeur à 8 kg. Durée : neuf heures.

Nous donnerons d'ailleurs les constantes générales de cet essai, dont le diagramme reproduit figure 2 montre la marche : au début, le foyer manquait un peu d'air; on a augmenté l'admission de façon à supprimer la présence d'oxyde de carbone. La régularité du diagramme montre qu'il ne s'est pas formé de trous et que la couche de combustible s'est maintenue constante; les piquages et décrassages sont indiqués par les pointes.

Date de l'essai : 1^{er} octobre; durée : 9 heures.

Température moyenne au registre : 310°.

Composition des gaz au registre, sur un échantillon moyen de 9 heures

CO ₂	12 %
O	5 %
CO	traces.

Alimentation en air (équilibrée ventilation et registre)

Pression sous grille + 3 mm.
Dépression sur grille — 2 mm.
Perte de charge totale (voir diagramme), 5 mm.

Alimentation en combustible : 100 kg. par heure et mètre carré de grille.

Allure de vaporisation moyenne 1.853 kg. à l'heure.

Chiffre de vaporisation (eau à 80°; vapeur, 7 kg. 1/2).

Brut	9 kg. 18
Combustible brut et sec	9 kg. 84

Ces résultats, obtenus à partir de poussier à 14 fr. 80 la tonne rendu en usine, et qu'on peut considérer comme réalisés en marche courante, nous ont paru assez intéressants pour que nous ayons cru bon de les relater, comme un exemple de la possibilité de brûler économiquement les fines et menus par l'emploi de moyens rationnels.

J. IZART,

Ingenieur civil des Mines.

II^e Congrès international du Froid

(Vienne, 6-12 Octobre 1910) (suite et fin¹).

II^e SECTION : *Production industrielle du froid, machines frigorifiques, isolants frigorifiques.* — M. Banfield a donné la description d'une petite machine frigorifique utilisant de la vapeur d'échappement et produisant 200 kg. de glace transparente par heure. Deux types existent, qui produisent l'un de 500 à 1.000 kg., l'autre de 2.000 à 5.000 kg. de glace.

À la suite d'une intéressante discussion, M. Alexandre Satkevitch (de Saint-Petersbourg) propose d'appeler *rendement théorique* du cycle d'une machine frigorifique le rapport entre la quantité de chaleur enlevée à la saumure pendant un temps quelconque et la quantité de chaleur transmise pendant le même temps à l'eau réfrigérante.

Plusieurs essais ont été faits, notamment par M. Biquard, au Conservatoire des Arts et Métiers de Paris, pour déterminer exactement le *pouvoir isolant* des divers frigorigènes. Il y a avantage à employer des enduits superficiels ayant un faible coefficient de rayonnement. La conductivité des isolants ne croît pas toujours avec leur densité. Un liège aggloméré au brai, pesant 275 kg. par mètre cube, a donné une conductivité à peine supérieure à celle d'un liège aggloméré à la caséine de densité presque moitié (148 kg.). La résistivité diminue beaucoup avec l'humidité : ainsi, pour un liège aggloméré à la caséine ayant été saturé par un séjour de vingt jours dans l'eau, la densité et la conductivité ont doublé; un liège aggloméré au brai, placé dans des conditions identiques, n'a vu sa densité s'accroître que de 12 %, et sa conductivité de 45 %.

Pour pouvoir comparer les divers isolants, on mesure leur résistivité moyenne entre 0° et 30°. Le nombre ainsi obtenu est encore exact, à 2 ou 3 % près, dans le cas où les températures auxquelles les deux faces de l'isolant sont soumises ne sont pas comprises entre 0° et 30°.

L'effet isolant des lames d'air ne croît pas rapidement avec

l'épaisseur de ces lames; en pratique, leur épaisseur est suffisante si elle est comprise entre 15 et 20 mm.

Dans les cas où la température est inférieure à 40°, pour les matériaux de construction qui ont à peu près tous le même coefficient de radiation, les règles de construction en vue de l'isolation peuvent se résumer ainsi :

1° Pour les calcaires, moellons, ciments et bétons, dont la conductivité dépasse 0,9, il y a avantage à les remplacer par des espaces d'air de 10 cm. d'épaisseur minimum;

2° Pour les briques, la terre cuite et le plâtre, dont la conductivité varie de 0,3 à 0,9, il y a intérêt à les remplacer par des lames d'air de 25 mm. d'épaisseur minimum;

3° Pour le liège, la sciure de bois, c'est-à-dire les isolants proprement dits, dont la conductivité est inférieure à 0,3, la substitution d'une lame d'air de 25 mm. à une épaisseur égale d'isolant diminue l'isolement, mais il y a avantage à substituer des lames d'air plus minces.

L'épaisseur totale d'un isolant composé ou non de couches successives séparées par des lames d'air étant la même, son efficacité s'accroît avec le nombre de lames d'air ayant l'épaisseur en question (15 à 20 mm.).

Pour réaliser des murs isolants, il faut non seulement tenir compte de la paroi isolante elle-même, mais aussi du rôle d'accumulateur de froid que joue la masse des murs. Les matériaux denses et de chaleur spécifique élevée, comme les briques et les bétons, bien que peu isolants par eux-mêmes, rendent des services par suite de leur rôle d'accumulateurs de froid.

Des expériences de M. Maryan von Smoluchowski sur le pouvoir isolant élevé des corps pulvérulents, il résulte que la pression du gaz remplissant l'espace dans lequel se trouve un corps pulvérulent joue un rôle important dans la conductibilité de cet espace. Sa conductibilité s'abaisse en même temps que la pression. Ces expériences conduisent à un mode d'isolation donnant de meilleurs résultats que le vide entre parois de verre des vases de Dewar d'Arsonval servant à conserver les gaz liquéfiés.

L'emploi du liège comme frigorigène a été étudié par M. Grünzweig. Il a montré que la résistance calorifique de la plupart des isolants, tels que le liège, résulte de la présence d'interstices remplis d'air entre les particules solides et que cette résistance dépend : 1° de la résistivité propre de la matière de l'isolant; 2° de la forme, du nombre de ces interstices et des connexions pouvant exister de l'un à l'autre; 3° de la résistivité propre de l'air des interstices, qui peut être plus ou moins humide.

On fabrique aujourd'hui les isolants de deux façons. Un procédé consiste à agglomérer des déchets de liège au moyen d'un agglutinant, puis à fabriquer des carreaux, briques ou plaques par moulage, ce qui donne la pierre de liège ou korkstein. L'autre procédé opère à la presse et donne le liège aggloméré ou presskork.

Un isolant nouveau, *l'expansite*, est bien supérieur. Il est obtenu en chauffant le liège jusqu'à 300° à 400°, à l'abri de l'air; le liège double alors de volume, perd 30 % de son poids sous forme de gaz qui se distille, cesse d'être hygroscopique et devient imputrescible. L'eau ne mouille plus l'expansite. On peut l'agglomérer sans agglutinant et, à l'inverse du liège, on peut donc l'employer pour remplir en vrac des doubles parois isolantes. Gâchée avec du plâtre ou du ciment, l'expansite est utilisée pour préparer des mortiers isolants, qui séchent par simple exposition à l'air.

Un *thermomètre électrique*, donnant des indications à distance, a été décrit par M. Routenkranz. Ce thermomètre utilise les variations de conductivité électrique d'un fil de platine en fonction de la température et donne les températures comprises entre — 15° et + 25°. L'appareil fonctionne instantanément et l'on peut le disposer pour l'enregistrement et lui faire actionner des signaux optiques et acoustiques. Il peut aussi, à l'aide d'un relais, mettre

¹ Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 12, p. 710.

en marche le moteur d'une machine frigorifique, lorsqu'on atteint la limite supérieure prescrite pour la température.

Le Congrès s'est occupé des avantages et inconvénients de la *marche des compresseurs* de machines à glace en régime sec ou humide. En régime sec, la vapeur de l'agent frigorifique, qui est le gaz ammoniac, est non saturante ou légèrement surchauffée au moment de l'admission au compresseur. En régime humide ou mouillé, la vapeur est saturante et accompagnée d'une quantité suffisante de liquide pour que la chaleur dégagée par la compression soit entièrement absorbée par la vaporisation de ce liquide; l'ammoniaque comprimé est donc, lors du refoulement, exactement à la même température que celle à laquelle il se condense sous la pression de refoulement.

Les essais de M. Shipley, effectués à York (Pennsylvanie, Etats-Unis), ont montré que c'est le régime sec qui consomme le moins de travail mécanique; à la condensation, il consomme moins d'eau pour la réfrigération; un water-jacket ajouté au compresseur réduit aussi la quantité d'eau nécessaire pour le refroidir. Le régime humide a pour effet de diminuer la capacité de production d'un compresseur.

Les essais de M. Lorenz sont en faveur de l'emploi des *compresseurs rotatifs* pour les machines frigorifiques. L'acide sulfureux seul devrait être employé et il ne faut pas vouloir établir des unités au-dessous d'une puissance de 500 000 frigories-heure.

Les dispositifs pour éviter les accidents provoqués par une *surpression* dans les machines à compression sont étudiés par M. G. Gillmann. Les pièces de sûreté destinées à s'écraser, en cas de surpression dans le cylindre compresseur, donnent une sécurité insuffisante. Même cette disposition ne peut s'appliquer que lorsque l'agent frigorifique peut se répandre, sans danger, dans la salle des machines. L'acide carbonique remplit ces conditions, mais, dans le cas de l'ammoniaque, il faut :

1° Que le tuyau de refoulement possède une soupape de sûreté qui, en cas de surpression, fasse retourner le gaz comprimé à l'aspiration;

2° Que les conduits d'aspiration et de refoulement soient pourvus de dispositifs les fermant complètement lorsque la vitesse du gaz qui y circule devient trop forte.

La II^e section a émis des vœux pour qu'il soit procédé à l'étude : 1° de l'influence des basses températures sur les propriétés des métaux employés dans la construction des appareils frigorifiques; 2° des températures au condenseur et au réfrigérant et des autres facteurs intéressant les machines pour lesquels il y a lieu de spécifier, dans les contrats commerciaux, les puissances et les rendements frigorifiques, de façon à éviter des contestations ultérieures; 3° de dispositifs simples et pratiques, autant que possible peu coûteux et uniformes, à réaliser dans la construction des appareils ou dans l'agencement des usines pour permettre à un moment quelconque, sans préparatif spécial ni aménagement nouveau, la vérification de la puissance et du rendement de cette installation; 4° de dispositifs et organes de sûreté permettant d'éviter ou d'atténuer les avaries de compresseurs ou de tuyauteries, notamment en cas de surpressions accidentelles provenant de fausses manœuvres dans la conduite des appareils ou de toute autre cause; 5° de méthodes d'essai des isolants, simples, pratiques et uniformes et susceptibles de fournir en même temps que les caractéristiques individuelles spécifiées dans les vœux du I^{er} Congrès international, des résultats permettant la comparaison exacte, au double point de vue de l'efficacité et du prix de revient, des différents types de construction des parois isolantes.

III^e SECTION : *Applications du froid à l'alimentation*. — M. A. Schwarz décrit les appareils producteurs d'air ozonisé pour ventiler les chambres froides destinées à conserver des denrées périssables. L'ozone rend l'air aseptique et inodore et arrête le développement des microorganismes.

M. Lecomte expose un procédé, dont il est l'auteur avec M. R.

Lainville, pour préparer une poudre de lait par réfrigération. On sépare la matière sèche du lait de l'air dans laquelle elle est émulsionnée en versant le lait dans des moules semblables à ceux employés pour fabriquer la glace. On refroidit à 2°, on agite pour que l'eau ne se solidifie pas en masse, mais donne des cristaux neigeux, qu'on sépare par centrifugation dans uneessoreuse. Le liquide qui sort de l'appareil a la consistance d'une pâte molle, onctueuse, qui renferme un peu d'eau qu'on enlève par évaporation. Le procédé est applicable au lait écrémé et au lait entier. 1 kg. de charbon permet de dessécher 10 kg. de lait.

M. Sandras décrit divers procédés de fabrication de la glace. Il conclut qu'un compresseur fabriquant 30 tonnes de glace transparente par congélation lente, en vingt-quatre heures, en mouleaux de 0^m,20 × 0^m,15 et un poids de 40 kg., produira facilement 35 tonnes de glace en marchant sur un bac de 80 tonnes, soit de 2.000 mouleaux de 40 kg. Ces chiffres peuvent aider à déterminer les dimensions pour une production en blocs d'autres poids et épaisseurs.

IV^e SECTION : *Applications du froid aux autres industries*. — La question du *refroidissement des locaux* habités dans les pays chauds occupe M. Koopman. On peut y arriver en accumulant le froid de l'air de la nuit dans un empilage de pierres calcaires. Les frais d'exploitation ont été de 5 fr. 50 par jour à Batavia durant le mois le plus chaud, pour une maison ordinaire de colon, et de 1 fr. 25 pendant le mois le moins chaud. La dépense serait à peu près égale pour des pays secs comme l'Egypte, mais on peut aussi y utiliser le froid produit par la vaporisation de l'eau et ne pas pourvoir les murs d'enveloppes frigorifuges. La dépense est alors évaluée à 2 francs par jour pour le mois le plus chaud. Les empilages doivent être formés de pierres à chaux.

M. H. Torrance a décrit l'installation du New-York Stock Exchange pour refroidir ses locaux en été. La machine frigorifique employée est à ammoniaque à absorption et peut produire 100 tonnes de glace par vingt-quatre heures; son distillateur est chauffé par de la vapeur d'échappement à la pression de 0 kg. 21 par centimètre carré, l'eau de réfrigération étant à 21°. On refroidit, par circulation de saumure, l'air des locaux, les garde-manger, les glaciers d'un restaurant annexé à l'établissement et l'eau de boisson qui circule dans toute la maison.

M. A. Guiselin a parlé des applications du froid à l'industrie du pétrole, trop délaissées par les industriels malgré les bénéfices qu'on pourrait en tirer, notamment pour la raffinerie, la rectification des essences, la conservation des produits légers sur les lieux de production et le raffinage des huiles de pétrole.

Les emplois du froid dans l'industrie du caoutchouc en Angleterre ont été étudiés par M. L. Terry. On y congèle, à quelques degrés au-dessous de 0, le bloc dans lequel est découpée la feuille anglaise; on lubrifie et refroidit ensuite les couteaux découpeurs; enfin, on récupère le dissolvant par refroidissement à + 9°, dans un condenseur à surface, de l'air chargé de ses vapeurs, qu'on recueille par des hottes d'aspiration.

V^e SECTION : *Applications du froid aux transports*. — M. J. Dennis a parlé de la *prérefrigération des fruits* aux Etats-Unis.

M. A. Krupsky a décrit un nouveau wagon à réfrigération *intérieure et extérieure*. Les pertes de froid à travers une paroi isolante étant à peu près proportionnelles à la différence des températures sur les deux faces et croissant avec la vitesse de déplacement des fluides le long de ces faces, le wagon est muni intérieurement d'une enveloppe extérieure absorbante imprégnée constamment d'eau en cours de route. L'évaporation de cette eau, provoquée par le déplacement du wagon, abaisse la température de la face extérieure de l'isolant. Plus la vitesse du train est considérable, plus la température du wagon se maintient basse.

VI^e SECTION : *Administration, législation, enseignement frigorifique*. — L'enseignement frigorifique commence à se répandre dans les écoles techniques des différents pays : Allemagne, France, Angleterre, Belgique, Hollande, Serbie). P. B.

NOTES DE MÉCANIQUE

Joints pour presses hydrauliques. — Transmission de la chaleur dans la condensation par surface. — Rendement de combustion et rendement des chaudières. — Contrôle automatique de l'eau de condensation. — Essais d'un turbo-générateur de 9000 kw. — Sur la valeur du coefficient de Napier pour la vapeur surchauffée. — Une nouvelle théorie de la commande par courroie. — Le meulage. — Les premiers grands moteurs à gaz des aciéries américaines. — Machine pour l'essai des coussinets au frottement.

Joints pour presses hydrauliques. — Les presses hydrauliques doivent leur développement à l'heureuse conception des joints pour hautes pressions; ceux-ci sont de deux sortes : ceux en cuir qui agissent automatiquement et ceux en caoutchouc, en chanvre ou en fibres qu'on place dans les presse-étoupes.

On connaît le mode d'action des premiers, que les figures 1, 2 et 3 représentent; ils servent à rendre étanches les pistons ou plongeurs par leur contact qui se réalise automatiquement sur ces pièces, sous l'effet de la pression du liquide. La distribution de la pression du cuir contre la paroi du cylindre ou celle du piston dépend de la flexibilité de ce cuir. Les joints en cuir souple et en caoutchouc ne conviennent pas pour les pressions élevées parce que leur surface de contact est très petite; de plus, ils s'usent localement, en A par exemple (fig. 4). Le cuir fait un pli en B. Un cuir dur répartit mieux la pression. Quelquefois, il faut employer des dispositifs spéciaux pour presser le cuir contre le cylindre (fig. 9 et 10). Les joints en cuir doivent être fabriqués avec du cuir tanné au chêne qui provient de la meilleure partie de la peau de la bête. Si ces joints ne sont pas soumis à l'usure, ils peuvent être constitués par du caoutchouc, surtout s'ils sont exposés à sécher.

La fabrication des joints en cuir est simple. On amollit le cuir dans

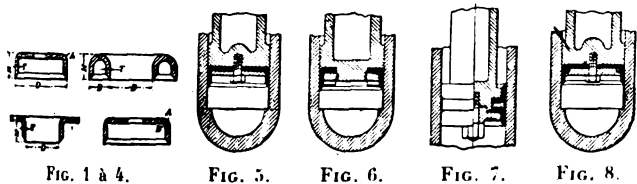


FIG. 1 à 4.

FIG. 5.

FIG. 6.

FIG. 7.

FIG. 8.

l'eau à 55° C. environ, puis on les presse dans des moules convenables au moyen de vis ou de presses hydrauliques. On ferme le moule et on le place dans une étuve chauffée à la vapeur pour sécher le cuir. Une fois sec et dur, celui-ci est taillé avec un biseau à 45°. L'opération de fabrication du cuir lui fait subir, en A, de grands efforts et oblige à prendre du cuir plus épais qu'il n'est nécessaire pour résister à la pression.

Les joints en forme de coupe sont façonnés comme celui représenté figure 5. On voit comment il est maintenu à l'extrémité du piston sur lequel il est fixé. La figure 6 montre une variante de cette fixation; la figure 7 se rapporte au cas où le piston doit faire des mouvements dans les deux sens avec une pression agissant alternativement sur ses deux côtés. Pour les hautes pressions, il faut forcer le cuir à se dilater: on y parvient en plaçant, dans ses angles, une corde en chanvre (fig. 8). La figure 9 représente une solution appliquée au cas de pistons qui n'ont pas plus de 225 mm. de diamètre. R est un anneau de caoutchouc qui force le cuir contre le cylindre. On peut également presser contre le cuir des pièces métalliques C au moyen d'une barre D, poussée par de petits ressorts E (fig. 10). La maison Krupp emploie pour ses presses Huber le dispositif de la figure 11, qui consiste en un empilage de couches de cuir et de laiton. Ce joint résiste à des pressions de 7000 atmosphères par cm².

Les cuirs en V ou en double coupe furent inventés par Hick et employés par Braman (fig. 12). La figure 13 montre comment on les dispose dans un cylindre après les avoir repliés, comme il est indiqué dans la figure 14. Il vaut mieux évidemment, pour la facilité du montage, disposer ce cylindre ainsi que dans la figure 15. Tous les cuirs en V doivent avoir une ouverture de 1 mm,5 à 4 mm,5, pour que le liquide les pénètre facilement, et être bourrés de chanvre pour que leurs parois conservent bien leur forme; on les fait buter parfois contre un anneau en bronze ou en bois. On les protège avec une garde inté-

rieure et une butée en chanvre (fig. 11). Tweddell, le premier, employa cet anneau de garde qui diminue l'usure. La figure 17 montre un joint en U formé de caoutchouc entoilé d'une nature analogue à celle des courroies; on emploie ces joints quand il s'agit de pressions modérées.

Quand les cylindres ont de grands diamètres, on découpe des bandes de cuir qu'on assemble bout à bout.

Les cuirs à chapeaux sont employés dans des robinets-valves, de petit diamètre (75 mm. au maximum) et pour les plongeurs d'éleva-

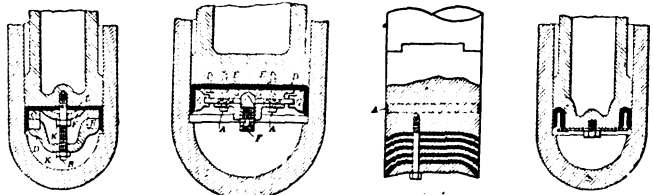


FIG. 9.

FIG. 10.

FIG. 11.

FIG. 12.

teurs hydrauliques; la figure 18 en donne la disposition dans le cas d'une presse à cylindre supérieur à action inversée.

Pour les petites pompes à plongeurs ne dépassant pas 25 à 37 mm. de diamètre, il suffit d'entourer ces derniers d'une bande de cuir enroulée en spirale, comme dans la figure 10.

Les joints en chanvre ou en autres fibres furent d'abord employés en prenant des torons décablés et en les enduisant de suif; cela put suffire pour les basses pressions, mais le joint durcissait; ensuite, on prit du chanvre tressé avec un noyau de caoutchouc pour obtenir de l'élasticité. Devant les exigences des industries employant la vapeur, l'eau et l'ammoniaque, on a combiné des joints variés en chanvre, coton, caoutchouc, graphite et huile. On leur ajoute quelquefois des fils de cuivre.

Les joints fibreux résistent parfois à 500 kg. par cm², ils sont moins coûteux, et durent plus que ceux en cuir, surtout si l'eau a des graviers.

L'épaisseur du cuir dépend de la pression, de la profondeur de la coupelle et du diamètre du piston. Il est inutile qu'elle excède 4 mm,7; en réalité, on la fait varier de 3 à 6 mm. Welch proposa de la calculer d'après la formule $T = 0,156 D^{0,25}$, où T et D sont indiquées dans les figures 1 à 3.

La profondeur H, qui varie avec la souplesse et l'épaisseur du cuir, oscille entre 15 mm. et 50 mm. Welch proposa de la prendre égale à 2,5 T, mais sa proposition n'est pas recommandable. La largeur B des cuirs en U (fig. 2) dépend de leur épaisseur et doit être rendue aussi petite que possible sans endommager le cuir; 18 mm. est une bonne dimension. La figure 20 montre les dimensions qu'on doit adopter pour un joint avec cuir en U et la figure 21 pour un joint

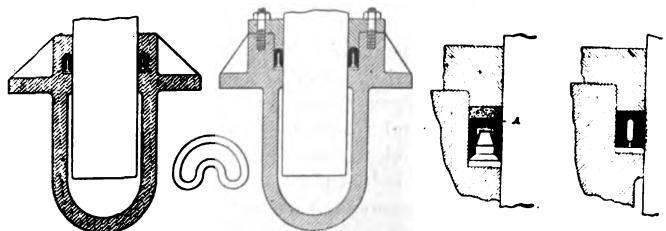


FIG. 13.

FIG. 14.

FIG. 15.

FIG. 16.

FIG. 17.

fibreux avec presse-étoupe. Le rendement d'un joint peut être donné par la formule :

$$\frac{\text{pression totale sur le fond du piston} - \text{frottement du joint}}{\text{pression totale sur le fond du piston}}$$

$$\text{ou par la formule plus concise : } E = \left(1 - \frac{4F}{\pi D^2 p}\right) 100 \%,$$

dans laquelle F est la résistance au frottement du joint.

D'après les expériences de Hick, la résistance au frottement pour un joint en cuir serait : $F = CpD$; dans cette formule, c'est une cons-

tante égale à 0,0314 pour le cuir en bon état et à 0,047 quand le cuir est neuf ou mal lubrifié. En substituant ces chiffres aux lettres dans la première formule, on a : $E = \left(1 - \frac{0,04}{D}\right) 100 \%$. La résistance d'un joint fibreux varie avec la profondeur du stuffing-box et avec le

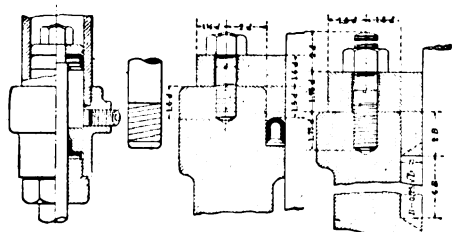


FIG. 18. FIG. 19. FIG. 20. FIG. 21.

degré de compression auquel il est soumis; un long presse-étoupe aura plus de résistance qu'un court. On peut exprimer la résistance au frottement de presse-étoupes comme celui de la figure 21 par la formule $F = 0,2pD$ et le rendement par : $E = \left(1 - \frac{0,25}{D}\right) 100 \%$.

Transmission de la chaleur dans la condensation par surface (1).

— Le condenseur est une partie importante de la machinerie construite pour utiliser la vapeur, mais on diffère d'opinion au sujet de la façon dont la transmission de la chaleur se fait à travers les surfaces métalliques. Bien que ces divergences d'opinions ne soient pas sérieuses dans le cas des petits condenseurs, il a fallu ne pas les dédaigner quand la turbine à vapeur a exigé l'emploi de condenseurs pour 90.000 kg. de vapeur à une pression absolue de 75 grammes par centimètre carré. Pour déterminer la chaleur transmise à travers les différents genres de tubes et les lois régissant ses variations dans des conditions diverses de température, pression et vitesse, une série d'essais ont été faits par M. George Orrok. Un condenseur de petite surface fut construit avec une surface de refroidissement relativement faible et utilisé dans les conditions qui se rapprochaient autant que possible de la pratique actuelle; on fit varier le plus possible le vide désiré, la vitesse de circulation d'eau et la différence moyenne de température, indépendamment l'un de l'autre.

Les premiers essais montrèrent des variations de 20 % dans la condensation pour un tube, les conditions étant les mêmes. On se l'expliqua par la qualité de la vapeur, la vitesse de cette vapeur, les fuites d'air ou l'état de propreté du tube. On y remédia et on fit une autre série d'essais avec des vides variés. Des essais furent également entrepris pour déterminer la variation de chaleur transmise en fonction de la différence de température, de la vitesse de l'eau de refroidissement, de la vitesse de la vapeur et de la présence de l'air dans cette dernière. Les résultats montrèrent que le coefficient de transmission de la chaleur est inversement proportionnel à la racine huitième de la différence de température moyenne, qu'il est approximativement proportionnel à la racine carrée de la vitesse de l'eau de refroidissement et indépendant du vide et de la vitesse de la vapeur dans les tubes du condenseur. L'air a un effet très prononcé sur la transmission de chaleur, surtout dans les vides élevés, de même d'ailleurs que l'état de propreté dans lequel se trouvent les tubes.

Rendement de combustion et rendement des chaudières.

— M. Uehling, l'auteur de ce mémoire, indique que la chaufferie est l'endroit de l'usine où l'on peut faire le plus d'économies. La perte de l'énergie calorifique dans les gaz de la combustion peut varier de 15 à 40 %, et comprend deux facteurs : la chaleur des gaz eux-mêmes et la chaleur du combustible qu'ils contiennent. Le premier varie avec la température et inversement au pourcentage de CO_2 , tandis que le dernier est indépendant de la température et varie inversement au même pourcentage. En fait, la seule perte indépendante de ce dernier est celle due à l'humidité contenue dans le combustible, mais elle dépend de la température des gaz à leur entrée dans les carreaux d'échappement, de sorte que ce facteur et la quantité d'oxyde de carbone présente dans les gaz, sont les caractéristiques qui contrôlent la combustion. On ne doit pas se baser d'ailleurs sur la température, mais bien sur la teneur en CO_2 des gaz, pour avoir une vraie mesure de la marche de la chaufferie. Comme le contrôle est facile, on ne s'explique pas pourquoi on ne l'applique pas plus souvent dans le choix et la consommation du combustible. Une analyse complète des gaz de la combustion devrait être faite journalièrement et

lorsque la valeur la plus économique pour CO_2 serait déterminée, cet élément servirait de guide pour la marche du feu.

On peut également se servir avec avantages de l'enregistrement automatique et l'appliquer à la température à défaut de l'acide carbonique; on en tirera d'utiles profits. C'est, d'ailleurs, un sujet bien connu des ingénieurs français et qui a été traité dans *La Technique Moderne* (1). Nous le signalons pour montrer l'intérêt grandissant que les Américains paraissent porter à ces questions de la combustion, autrefois si négligées.

Contrôle automatique de l'eau de condensation. — M. B. Viola, l'auteur de ce mémoire, explique que les condenseurs avec installation de vide emploient l'eau de refroidissement et ont besoin de le faire dans les meilleures conditions. Plus la division de l'eau sera fine, plus les gaz qui la traversent pourront être abondants et plus l'air qu'ils entraînent pourra s'échapper facilement. Cette division n'est cependant jamais assez fine et on ne fait un emploi convenable de la surface refroidissante qu'en laissant un temps suffisant de contact. Mais on réaliserait de la sorte des installations trop considérables, et comme l'eau et les gaz sont de mauvais conducteurs de la chaleur, il faut donner à l'eau un certain mouvement. La surface de refroidissement doit être aussi grande que possible, de même que le temps de contact entre la vapeur et l'eau. Un condenseur barométrique à contre-courant remplira ces conditions. L'auteur donne la description d'un condenseur de ce système, employé avec un ou deux réservoirs à vide. Ce type de condenseur opère parfaitement et très économiquement, surtout s'il est muni de quelque dispositif de contrôle automatique actionné par les variations de température de l'eau condensée.

Quand on emploie de l'eau en quantité considérable, un dispositif de contrôle évite les pertes, et dans les cas où l'on utilise de l'eau salée pour la condensation, l'auteur croit qu'avec un condenseur à contre-courant commandé par contrôleur de température, on peut employer de l'eau fraîche avec un épurateur pour enlever les impuretés qui surnagent au-dessus de l'eau condensée. Ce dispositif a de grands avantages quand on peut utiliser l'eau de condensation pour l'alimentation des chaudières.

Dans la discussion de ce mémoire, M. George Dinkel exposa que dans un condenseur à surface il faut dépenser, par exemple, 5 kg. 5 à 6 kg. 5 d'eau de refroidissement pour avoir un effet donné de condensation, tandis que l'on dépense de 9 à 10 kg. d'eau avec le condenseur à pluie fine. Il n'est donc pas de l'avis de l'auteur du mémoire.

Essais d'un turbo-générateur de 9000 kw. — Ce turbo-générateur fut installé dans les usines de la ville d'Oakland (Californie) et sert à la production de l'énergie électrique; il est du système Curtis et possède un condenseur Worthington et des pompes à vide; il est alimenté par 8 chaudières de 754 chevaux Mac Naull à tubes d'eau, chauffées avec des brûleurs à gaz et munies de surchauffeurs pour réaliser une surchauffe de 100°. Le nombre des chaudières en service courant est insuffisant pour réaliser la puissance de 9000 kw., mais suffit pour les besoins actuels de l'usine.

La garantie du rendement à pleine charge, le facteur de puissance égalant 1, avec une pression de vapeur de 12 kg. 800 et un vide de 50 mm., était de 7 kg. 4 de vapeur par kilowatt-heure. On fit l'essai de ce turbo-générateur à 7000 et à 9000 kw. pendant quatre heures et à deux reprises. Les résultats montrèrent que la consommation de vapeur par kilowatt-heure était de 7 kg. 3 et 6 kg. 8 sans correction et 7 kg. 2 après corrections.

Sur la valeur du coefficient de Napier pour la vapeur surchauffée. — Ce mémoire de M. J. Hastier comprend une série de mesures portant sur la valeur du coefficient de Napier pour la vapeur à des pressions comprises entre 10 kg., 10 kg. 5 et pour des degrés de surchauffe variant de 45 à 195° F. Dans ces essais, les chaudières furent alimentées par une grille à chaîne et munies d'un type spécial de surchauffeurs, disposés de façon à présenter la surface convenable pour maintenir un degré de surchauffe constant quelle que fût la capacité de la chaudière. Chaque essai dura cinq heures; l'eau d'alimentation fut réglée et mesurée dans deux réservoirs.

Le diaphragme contenant l'orifice d'écoulement de la vapeur fut placé à une faible distance au delà du surchauffeur, et, immédiatement après lui, on disposa un thermomètre et un manomètre. Le tuyau d'échappement placé au delà du diaphragme avait une longueur déterminée et n'offrait pas de résistance appréciable à l'écoulement

(1) D'après les travaux présentés au 32^e meeting (6-9 décembre 1910) de l'Association américaine des Ingénieurs mécaniciens.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 1 (janv. 1910), p. 44.

pe la vapeur. L'orifice d'écoulement était ménagé dans une plaque de 12 mm. d'épaisseur et ses bords étaient arrondis à un rayon de 6 mm. 25; le diamètre de la veine contractée était de 30 mm. Les résultats montrèrent qu'avec l'augmentation de la surchauffe, la valeur du coefficient et le volume s'écoulant à pression constante augmentent, mais que le poids de vapeur écoulée à pression constante diminue.

On sait que le coefficient de Napier est donné par la formule :

$C = \frac{pa}{W}$, p , étant la pression de la vapeur; W , le poids de vapeur s'écoulant par seconde; a , la surface de l'orifice d'écoulement.

Une nouvelle théorie de la commande par courroie. — Ce travail est dû à M. Selby Haar, qui a cherché à déterminer le rendement des courroies et à établir une théorie pour la transmission de la puissance au moyen de courroies en cuir.

Le mémoire présente cette théorie et une étude des pertes qui se produisent dans une courroie sous charge. Quand une courroie est tendue sur deux poulies et au repos, la tension sur ses deux brins est la même, mais quand les poulies sont en mouvement, la tension sur le brin tendu augmente pendant que celle sur le brin mou diminue; la différence des tensions donne le moyen de mesurer la puissance transmise et varie avec le type de poulies et la force centrifuge.

Quelques données expérimentales, publiées par Gehrken, montrent que la force d'attraction augmente avec la vitesse, et qu'à vitesse constante la charge augmente avec le diamètre des poulies.

Le professeur Kammerer, de Charlottenbourg, confirma ces constatations par une série de plus de 10 000 essais sur les transmissions par courroie et arriva aux conclusions suivantes qui forment la base de la nouvelle théorie : La tension maximum admissible dans une courroie augmente avec la vitesse; le coefficient de frottement augmente aussi avec la vitesse et atteint des valeurs supérieures à celles admises ordinairement; le rendement maximum de la transmission n'est pas limité par la vitesse; le coefficient de frottement est plus grand pour les poulies larges que pour les étroites et pour une poulie en bois que pour une poulie en fer; on obtient une transmission à meilleur rendement quand on emploie des poulies étroites.

L'auteur conclut que la tension maximum admissible dans une courroie n'est pas constante; il en est de même de la vitesse.

Le meulage. — Le meulage a fait l'objet de trois communications au 32^e meeting de l'Association américaine des Ingénieurs mécaniciens. La première est due à M. C. Norton; elle se préoccupe des domaines où le meulage peut pénétrer. M. Norton explique que si le meulage est considéré comme lent et coûteux, il offre de sûrs moyens de réaliser la précision. Actuellement, les meuleurs modernes et les meules sont susceptibles de faire les ajustages de corps ronds dans des conditions de prix plus favorables qu'en employant le tour ou la lime; on arrive à réaliser l'économie maximum en combinant le meulage et le tournage grossier, bien qu'il y ait des cas où il soit préférable d'employer le meulage seul.

Les mauvaises meules ou les bonnes meules mal employées râtent le métal que lentement, mais une installation de meulage moderne peut être considérée comme une installation d'outils fraisiers munis de millions de dents, qui, s'ils ne coupent pas très profondément, peuvent couper plus rapidement. On trouve, en effet, des meules qui font 1 800 mètres de parcours par minute. On peut fabriquer les cames et les vilebrequins à meilleur compte en les meulant qu'en les tournant.

On opère plus vite avec des dispositifs de meulage automatiques. Aujourd'hui, on comprend de mieux en mieux les avantages du meulage et les ouvriers n'y font plus opposition. Le champ des applications des meules est donc destiné à s'étendre de plus en plus.

M. A. Vial estime que le meulage est plutôt un art qu'une opération mécanique exacte et que son développement est si récent qu'on connaît peu et qu'on ne sait pas tout ce dont il est capable. C'est un art, parce que le meulage contient des éléments où le jugement et l'expérience de l'opérateur sont mis en jeu. Le manufacturier peut donner des instructions pour conduire les machines, imposer à l'ouvrier d'employer une certaine meule et une certaine vitesse, et cependant les résultats varient avec l'opérateur; la surface de la pièce aura des inégalités et portera les marques de la meule; la pièce pourra être bien ou mal finie. Il y a deux sortes d'ateliers de meulage, les ateliers de dégrossissage et ceux de finissage. Si l'exactitude n'intéresse pas les premiers, elle est très importante dans les seconds.

Le premier usage des meules fut de corriger de petites erreurs

qu'on ne pouvait rectifier à la lime ou à la toile émeri, tandis qu'aujourd'hui on ne s'en tient pas là et on cherche à finir le travail à bon marché. Après que la machine a été choisie, il faut se préoccuper des meules; les firmes fournisseuses donnent, à ce propos, les renseignements nécessaires. La question des vitesses et de la commande est le résultat de l'expérience; là encore, les fournisseurs seront d'un utile secours. Les meules ne doivent pas être surmenées, sinon on a un mauvais travail. Brown et Scharpe recommandent de terminer le moulage grossier de façon que le diamètre des pièces excède leur diamètre final de 2 à 2 dixièmes et demi de millimètre: ainsi on obtient, à un coût minimum, une pièce sans traces d'outils. On a abandonné la méthode qui consistait à confier deux machines à un seul ouvrier; c'est le contraire que l'on fait: on attache deux hommes à une machine: l'un opère et l'autre aide au montage des pièces.

Enfin, M. W. Hanson explique que les machines à meuler se sont surtout développées en Amérique. L'invention de la meule émeri fit faire un grand progrès aux procédés de meulage.

On constata que les pièces, même non trempées, pouvaient être usinées et terminées plus exactement et plus économiquement par meulage que par tournage et limage. Il y a deux grands groupes de machines à meuler: celles pour le meulage cylindrique et celles pour le meulage des surfaces planes. Les premières, bien connues, se sont beaucoup développées, les autres le sont également et consistent

en meules qu'on promène

sur la surface à planer.

Un autre type de machines

est celui qui fait le meulage

avec une meule sous

forme de coupelle, laquelle

travaille comme une fraise

en bout sur une machine

à meuler. Quand la pièce a

atteint les dimensions dé-

sirées, la machine est mise

automatiquement hors d'ac-

tion et on peut y placer de

nouvelles pièces. On a créé

des supports automatiques

pour maintenir les pièces

sur leur longueur; ces sup-

ports suivent d'eux-mêmes

les variations des dimen-

sions transversales des

pièces en meulage. Pour le

meulage à plat, la meule en

forme de coupelle a pris la

première place. On n'a pas

de règles exactes relatives

aux passes à prendre dans

les divers métaux, mais l'o-

uvrier peut se rendre compte

de la façon dont il doit opé-

rer en faisant fonctionner la

machine pendant quelques

minutes. Les meules varient

de qualité et, pour effectuer

un travail, il faut non seule-

ment se préoccuper du métal

à meuler, mais aussi de l'ap-

titude de la meule à la

coupe. Le développement du

meulage tient moins aux méca-

nismes qu'aux meules.

Machine pour l'essai des coussinets au frottement. — Cette machine a été construite par la Cooper Steam Digger Company Limited et a été exposée au Salon des Arts, de la Marine et du Commerce, tenu à l'Olympia en octobre dernier. Les figures 1 et 2 la représentent. On voit comment la pression s'exerce sur les billes par l'intermédiaire de la boîte qui les contient, laquelle est sollicitée vers l'arbre de rotation par un jeu de leviers serrés au moyen d'une vis. Un dynamomètre à ressort placé entre le dernier levier et la vis mesure l'effort de pression. Le dynamomètre à cadran vertical empêche la rotation de la boîte à billes et mesure en conséquence

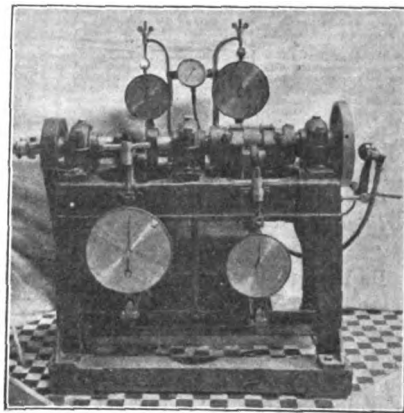


Fig. 1. — Machine pour l'essai des coussinets au frottement.

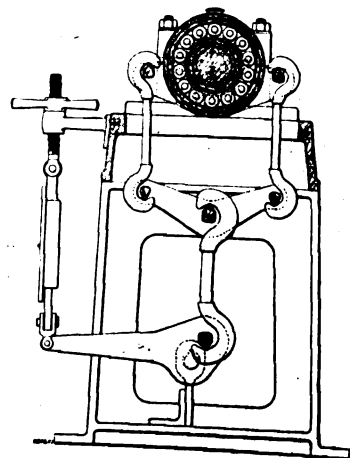


Fig. 2.

l'effort de frottement. La machine de la figure 1 est disposée pour faire l'essai de deux paliers à la fois, dont l'un peut être un palier à billes. L'arbre a un diamètre de 75 mm. de diamètre. Le palier à billes réalise, paraît-il, un gain de 90 % sur le palier plein. On peut faire faire jusqu'à 270 tours à l'arbre par minute et exercer une pression atteignant 2 700 kg. Il résulte d'essais faits par la firme que le frottement reste constant pour une vitesse comprise entre 119 et 270 tours à la minute.

Les premiers grands moteurs à gaz des aciéries américaines. — Ce fut aux Lackawanna Steel Works de Buffalo que les premiers moteurs à gaz de grande puissance furent installés, en Amérique. Bien entendu, ils ne sont pas pourvus des perfectionnements des moteurs modernes. Mais ils ont néanmoins fonctionné avec un plein succès et ont réalisé des économies considérables sur les machines à vapeur. Les parties critiquables de leur installation sont l'épuration des gaz et leur distribution. L'alimentation des tours de refroidissement par l'eau est considérée comme défectueuse. Les laveurs à gaz fixes sont moins efficaces que les épurateurs rotatifs et exigent plus de puissance. Les conduites principales des trois paires de fourneaux ne sont pas en relation et les gaz lavés par les différentes laveries ne se réunissent pas dans une conduite commune de mélange.

La pression normale de soufflage des fourneaux est de 1 kg. 13 par centimètre carré. Le moteur de la soufflerie n'a qu'un cylindre de soufflage et n'est pas muni d'appareils pour les charges faibles, de sorte que la puissance du moteur est excessive, car il est prévu pour réaliser des pressions de vent de plus de 2 kg. L'énergie dépensée pour commander les pompes à air et à gaz est supérieure à 20 % et plus de la puissance indiquée ; le rendement est donc mauvais. D'autre part, la combustion des gaz est incomplète et 30 % de leur chaleur est perdue. La mesure des volumes gazeux fut faite avec un compteur Venturi et leur pouvoir calorifique déterminé d'après leur composition établie par l'appareil d'Orsat.

Dans la discussion de ce mémoire portant sur une installation ancienne et bien dépassée par d'autres depuis lors, M. J. Morgan émit l'opinion que les aciéries situées dans les pays de charbonnages où le charbon est à bon marché, n'ont pas besoin de moteurs à gaz. Il estime qu'une bonne turbine à vapeur coûte 275 francs d'installation par cheval, tandis qu'un moteur à gaz coûte 480 francs. Comme le facteur de puissance d'une usine est généralement au-dessous de 50 %, les moteurs à gaz sont moins avantageux que les turbines (dans les régions précitées). De plus, les réparations sont plus coûteuses dans le cas des moteurs à gaz et ceux-ci ont une vie plus courte.

P. BREUIL.

NOTES D'ÉLECTRICITÉ

De l'agencement des canalisations dans les usines. — Économie d'établissement par commande individuelle. — Essai des huiles pour transformateurs. — Dispositif de charge pour batteries d'accumulateurs.

De l'agencement des canalisations dans les usines. — On se contente trop souvent, en électrifiant une usine, de réserver, un peu au hasard, un certain nombre de départs sur le tableau de distribution et d'y brancher des lignes sur lesquelles on connecte des dérivations au fur et à mesure des besoins. Il est impossible dans ces conditions d'avoir des lignes tendues et d'un bon isolement ; d'autre part, la tension est loin d'être la même aux différents appareils d'utilisation et, avec un rendement médiocre, le cuivre immobilisé est considérable. Pour remédier à ces inconvénients, il convient de procéder méthodiquement et de grouper en trois catégories les divers éléments d'un réseau : les feeders, les distributeurs, les branchements secondaires.

Feeders. — Il est bon d'en prévoir un par local clos contenant des machines. Chaque feeder sera toujours commandé au tableau par un interrupteur de sectionnement automatique qui doit être à action différée. Autant que possible, il sera installé à l'extérieur des bâtiments et en cuivre nu monté sur isolateur. Les supports d'isolateurs (potelets, poteaux, consoles, etc.) seront toujours assez largement dimensionnés pour que le feeder puisse être doublé ultérieurement. Dans ces conditions, on peut réduire au minimum le poids de cuivre immobilisé en admettant une chute de tension relativement élevée, même pour le régime de service immédiat.

Distributeurs. — Par analogie avec les « grilles » des distributions à fils multiples en courant continu, il est bon de les composer de conducteurs rigides en cuivre nu étiré dur, montés sur isolateurs suffisamment rapprochés pour éviter tout déplacement appréciable. Le distributeur sera, suivant la disposition des locaux, ou sensiblement rectiligne ou bouclé. Dans le premier cas, il sera rejoint au milieu par un feeder unique ou aux deux extrémités par un double feeder ; dans le second, le feeder aboutira de préférence en un angle. Quoi qu'il en soit, une des caractéristiques du distributeur est d'être partout de section uniforme, cette section devant d'ailleurs être très largement calculée pour l'intensité réelle. La chute de tension doit y être très faible. Les branchements secondaires qui y seront connectés ne seront pas soudés afin d'être plus amovibles ; ils seront terminés par des cosses en forme de T serrées par des boulons sur les barres des distributeurs.

Branchements secondaires. — Ils doivent autant que possible être constitués en câbles isolés, protégés en outre mécaniquement contre tout contact susceptible de leur être préjudiciable. Les branchements

devront être courts et calculés pour l'intensité moyenne de l'appareil d'utilisation, sans excès. La chute de tension sera relativement faible, ce qui n'empêchera pas la densité de courant d'être voisine du maximum admissible, étant donnée la faible longueur du conducteur.

Ce système d'installation est avantageux et surtout économique ; en effet, il permet le déplacement facile des appareils d'utilisation sans qu'on ait jamais à prévoir des modifications profondes du réseau ; il évite des artères énormes, difficiles à fixer d'une façon absolue et à défendre contre les accidents et sur lesquelles les connexions sont souvent malaisées à établir ; il donne le maximum d'élasticité du réseau au point de vue des extensions ; il permet, par la multiplication des disjoncteurs, une protection plus efficace des génératrices et une limitation plus étroite des troubles se produisant en un point du réseau ; il donne la meilleure utilisation du cuivre, puisque la plus grande partie du réseau est en conducteurs nus, dans lesquels on peut admettre des densités de courant notablement supérieures à celles que peuvent supporter les conducteurs isolés, et qui sont moins coûteux tout en durant plus longtemps ; en outre, pour ces dernières raisons, il permet de réduire les frais de premier établissement et les amortissements ; il permet d'unifier à peu près les tensions aux bornes des moteurs ; enfin, lorsque le feeder est double et le distributeur bouclé, on réalise le maximum de sécurité, car un des conducteurs du premier peut rompre et l'une des boucles du second s'ouvrir, sans que la distribution soit interrompue.

Economie d'établissement par commande individuelle. — La commande individuelle des machines-outils, si elle a souvent de précieux avantages, entraîne toujours, semble-t-il, une dépense d'établissement plus élevée que la commande par groupes. Il peut se rencontrer, en alternatif, qu'il en soit autrement, en raison du faible prix des moteurs à cage d'écureuil comparativement aux moteurs bobinés, mieux appropriés aux puissances plus élevées.

Il s'agissait d'équiper dans une scierie quatre outils exigeant environ 4 HP chacun et tournant à plus de 2 000 tm. Un moteur unique à induit bobiné de 16 HP (950 tm.) eût coûté plus de 900 francs et aurait à peine suffi (à cause de l'énergie absorbée dans la transmission). On préféra commander pour 220 francs pièce, soit 880 francs au total, 4 moteurs à cage d'écureuil (4 HP. 2 400 tm.), dont l'installation fut d'ailleurs prévue plus économiquement.

Emprisons-nous d'ajouter que de pareils exemples sont rares.

Essai des huiles pour transformateurs. — Etant donné, d'une part, les tensions de plus en plus élevées adoptées dans les distributions d'énergie et, d'autre part, les échauffements de plus en plus considérables tolérés pour le matériel électrique, il est fait un usage

croissant, pour les appareils statiques et en particulier pour les transformateurs, du bain d'huile, qui renforce l'isolement et aide à la dissipation de la chaleur. Mais ces avantages étant évidemment fonction de la qualité de l'huile employée, il importe au premier chef, à l'exploitant comme au constructeur, d'être renseigné sur la valeur des produits dont on lui propose l'emploi, notamment en ce qui concerne ses propriétés d'isolement.

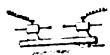


Fig. 1. — Éclateurs.



Fig. 2. — Schéma du montage.

Or, la question est assez délicate en ce sens que, pour les liquides isolants, on ne peut affirmer qu'à une distance d'éclatement donnée et à une fréquence donnée correspond une tension disruptive nettement définie. Les phénomènes de polarisation électrostatique paraissent en effet devoir intervenir pour amener une orientation

des molécules, telle que la fréquence des étincelles croît à mesure qu'augmente la durée pendant laquelle la masse liquide immobile est maintenue sous tension. D'autre part, il existe un assez grand nombre de facteurs qui échappent à toute analyse et dont par conséquent il est fort difficile, pour ne pas dire impossible, de tenir compte sous forme de corrections, dans un essai d'ordre exclusivement industriel. La méthode d'appréciation des qualités des huiles, consistant à employer un seul appareil dans lequel on éprouve successivement, à des intervalles plus ou moins longs, les produits à examiner, paraît donc devoir laisser une certaine incertitude quant aux résultats. D'ailleurs, en fait, des mesures d'ordre absolu n'intéressent que médiocrement le consommateur, qui désire uniquement déterminer la valeur d'une huile qu'on lui propose, par rapport à celle du produit précédemment employé par lui.

Une mesure essentiellement comparative semble donc à tous points de vue préférable. On peut la réaliser aisément et avec toute la précision désirable. On dispose, dans deux cristallisoirs de même forme et de même capacité, deux éclateurs à boules identiques dont on règle la distance à la même valeur (fig. 1) (une simple jauge d'alésage permet de procéder à ce réglage qui exige une certaine précision). L'un des réceptacles est rempli de l'huile à éprouver, l'autre de l'huile qui doit jouer le rôle de témoin. Après avoir connecté les deux appareils en parallèle (fig. 2) sur un circuit monophasé, dont la tension sera réglée d'après l'écartement des boules et dont la fréquence sera choisie au moins égale à la fréquence normale de service, on compte, pour chacun des liquides, le nombre d'étincelles qui se sont produites par exemple pendant un quart d'heure. On coupe le courant et on intervertit les éclateurs, après les avoir lavés dans un dissolvant approprié et avoir vérifié que les boules ne sont ni oxydées ni déformées. On établit la tension pendant le même temps que précédemment et on note à nouveau le nombre d'étincelles pour chacun des liquides en essai. Dans la grande majorité des cas, les résultats des deux expériences sont très sensiblement concordants. S'ils ne le sont pas, cela provient en général des éclateurs, qu'il faut examiner de très près et régler à nouveau.

Ce dispositif est simple, peu coûteux, réellement industriel, et les

indications qui résultent de mesures faites dans ces conditions sont difficilement contestables.

Dispositif de charge pour batteries d'accumulateurs. — Les dispositifs employés pour assurer la charge et la décharge des batteries sont nombreux, mais plus ou moins pratiques, tant à réaliser qu'à manœuvrer. Le survolteur, qui coûte assez cher et est d'une manœuvre délicate, s'applique mal aux petites installations. L'emploi d'une génératrice ayant une tension supérieure à celle du réseau n'est pas non plus aussi simple qu'il faudrait et ne permet pas de changer la batterie et d'alimenter le réseau simultanément. Aussi, a-t-on imaginé de couper la batterie en trois portions égales, que l'on charge en les combinant deux à deux sans interrompre l'alimentation. Cette division est celle qui comporte la moindre perte d'énergie, mais elle nécessite un commutateur d'un prix encore relativement élevé, et entraîne des complications : il est indispensable, pour que la batterie soit uniformément chargée, que les trois charges partielles aient été réalisées, ce qui peut entraîner une prolongation de durée de marche, le soir, ou une marche de jour, préjudiciables à l'économie de l'exploitation ; il faut de plus éviter les erreurs de combinaisons !

Nous connaissons bien des applications d'un dispositif beaucoup plus simple, dont on enseigne le principe dans les cours d'électrotechnique, mais qu'on répugne trop souvent à employer. Sa manœuvre peut être confiée à n'importe qui et il ne nécessite comme appareillage particulier qu'un commutateur d'un type courant et d'un prix insignifiant. Le schéma de la figure ci-dessous en montre le principe ; il consiste à couper la batterie en deux portions seulement, mises en parallèle pour la charge, en série pour la décharge ; un rhéostat, un réducteur (comme dans tout dispositif de charge) et les organes habituels de commande et de sécurité complètent la disposition schématiquement représentée, qu'il est facile de réaliser de telle sorte que toute fausse manœuvre ne puisse provoquer que la fusion d'un plomb. On peut, avec ce dispositif, interrompre quand on veut la charge de la batterie qui est toujours uniforme, et que l'on assure sans cesser d'alimenter le réseau.

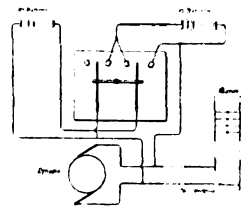


Schéma du dispositif de charge pour batteries d'accumulateurs.

Il est évident que la consommation de courant est théoriquement plus élevée qu'avec la division en trois portions, mais l'expérience nous a montré que l'écart est assez faible, et de l'ordre des économies

qu'il ne faut pas chercher au détriment des qualités pratiques d'une exploitation : il nous semble donc tout à fait à recommander de revenir à ce dispositif simple pour les installations génératrices particulières de faible importance, les petits secteurs urbains, etc., partout où l'on ne peut disposer d'un personnel très expérimenté et où l'on cherche l'économie d'établissement et la facilité de manœuvre.

E. SOUPY,
Ingénieur des Arts et Manufactures,
Directeur du B. T. E.

NOTES DE CHIMIE

Prévention de la corrosion du fer par l'électrolyse. — Les efflorescences des briques. — Sur le caoutchouc artificiel. — La solubilité de la gomme-laque. — Ciments à base d'oxyde de fer.

Prévention de la corrosion du fer par l'électrolyse. — Lorsque le fer est en contact avec le cuivre, il se produit un courant électrique, allant du fer au cuivre, et les ions de fer chargés positivement entrent en solution. Se basant sur ce fait, M. Cumberland, de Melbourne, a breveté un procédé original pour empêcher la corrosion du fer ; il consiste à faire passer un courant dont l'intensité suffise à renverser le sens de celui dû à la corrosion, de façon à transformer le fer anodique en fer cathodique. Le procédé aurait une efficacité particulière dans le cas des chaudières à vapeur. MM. G. Harker et G. Macnamara ont donné, à la section de Sydney de la Society of chemical Industry, l'exposé de différents essais réalisés industriellement pour l'étude de

ce procédé. (On le trouvera décrit en détail dans le numéro du 30 novembre 1910 du journal de cette Société.)

Les efflorescences des briques. — S'il est une question qui a suscité bien des ennuis et qui reste d'actualité, c'est celle des efflorescences produites à la surface des briques. La question est déjà vieille, car ce fut sous le règne de Napoléon III, au cours des transformations considérables qui édifièrent Paris sur de nouveaux plans, qu'elle excita les préoccupations des constructeurs : un prix de 100 000 francs fut même créé pour la découverte d'un remède. Le céramiste Seyer étudia le phénomène, et démontra que les efflorescences ne sont pas formées de salpêtre, mais bien par des sulfates alcalins ou alcalino-terreux. En tous cas, elles contribuent à donner aux briques rouges un aspect sale et poussiéreux.

Elles ont de nombreuses causes, et partant il existe un certain nombre de moyens pour y remédier.

Certaines de ces efflorescences se produisent dès le séchage ou la cuisson des briques. L'efflorescence produite au séchage résulte de ce qu'une solution de sulfate de chaux, contenue dans la brique, vient s'évaporer à la surface; l'efflorescence produite à la cuisson résulte de ce que des gaz du foyer réagissent sur la chaux de la brique.

La cause de ces efflorescences réside donc ou dans l'argile, ou dans l'eau, ou dans les gaz du foyer lorsque ces gaz proviennent de la combustion de houilles pyriteuses. La présence de sulfates à l'intérieur de la brique, celle des carbonates à la surface, suffisent à leur production. Les briques exposées dans les parties froides du four les montrent de préférence, parce qu'elles condensent la vapeur d'eau chargée de gaz sulfurique qui réagit sur les carbonates pour donner des sulfates.

Si l'on veut éviter les efflorescences, il faut que l'eau employée ne renferme pas plus de 0,05 % de sel; avec 800 grammes d'eau par brique, la proportion de sel introduite reste inférieure à un demi-gramme et, si la brique n'en contient pas, l'efflorescence ne se produira pas au séchage ou à la cuisson. En Amérique, on préconise beaucoup l'addition soit à l'argile, soit à l'eau, de carbonate de baryum, qui précipite les sels solubles à l'état insoluble. La proportion de carbonate de baryum employée sera de 1 %. L'excès n'a pas d'inconvénient, mais il faut que le carbonate de baryum soit pulvérisé très fin, et mélangé intimement à l'argile, ou à l'eau, si l'on veut obtenir le succès.

Les efflorescences qui se produisent sur les briques placées en constructions ne sont pas seulement formées de sulfate de chaux et de magnésium; bien que ce soient là leurs constituants les plus fréquents, elles sont encore formées, suivant le cas, de bicarbonate de calcium, de sulfate ou de chlorure de sodium. Les causes de leur apparition sont aussi multiples, mais la cause déterminante est généralement l'humidité, et c'est le sulfate de chaux du mortier qui est la principale source. Empêcher que le mur ne prenne l'humidité, en l'imperméabilisant avec un enduit hydrofuge de paraffine et en veillant à ce que les conduites d'eau soient bien étanches, est une précaution utile. On emploiera d'autre part les mêmes moyens préventifs déjà indiqués contre les efflorescences des fours de séchage et de cuisson.

Sur le caoutchouc artificiel. — Nos notes techniques de chimie du numéro de novembre ont mis à point, d'après M. Blanc, une question qui a fait beaucoup de bruit: celle du camphre synthétique. Elle semble d'ailleurs avoir perdu son intérêt industriel et commercial. Bien autre est la situation du caoutchouc synthétique; la question est sérieuse et importante, à tous points de vue. Le marché du caoutchouc est très développé; les prix ont monté, car la production ne répond pas aux besoins des industriels; enfin, les quelques brevets pris pour la synthèse du caoutchouc sont des brevets sérieux.

Lorsqu'on parle de caoutchouc, il faut distinguer les caoutchoucs naturels, le caoutchouc de plantation, les caoutchoucs artificiels, et parmi ceux-ci les substituts et factices, les régénérés, et enfin le caoutchouc synthétique.

Le marché du caoutchouc naturel est environ de 75.000 tonnes actuellement, dont plus de la moitié sont prises par les Etats-Unis, où l'industrie de la chaussure en fait une grande consommation. Des espèces végétales très différentes produisent des caoutchoucs aux propriétés voisines, et nos colonies africaines exportent des caoutchoucs très estimés. Le Brésil était le principal pays producteur, mais une exploitation intensive et sans réserve a détruit des forêts entières, et cette cause a exercé son influence fâcheuse sur l'enchérissement des caoutchoucs. On a cherché à y remédier par des plantations; celles de Sumatra, de Java, en particulier, ont eu un tel succès que certaines Sociétés de plantation ont pu distribuer, en 1909, des dividendes de 75 %, et que les actions ont acquis parfois des primes de 1.500 francs, et souvent de 500 francs. Il y a eu, au commencement de 1910, un mouvement effréné pour les valeurs de caoutchouc, sur le marché de Londres; chaque jour, une Société nouvelle prenait naissance, et l'on peut estimer à plus d'un milliard de francs le capital engagé aujourd'hui sur les valeurs de caoutchouc. Il en est de bonnes, mais le mouvement fut exagéré.

Parmi les caoutchoucs artificiels, laissons de côté les nombreux substituts à bases d'huiles soufrées ou nitrées ou autres, les factices à bases de caoutchoucs inférieurs et de gommés, les régénérés, pour arriver au caoutchouc synthétique.

Sur le caoutchouc synthétique, c'est-à-dire sur le véritable et seul caoutchouc artificiel, nous avons un document de première valeur; c'est celui d'une conférence faite en mars 1910 devant la Société des

ingénieurs et architectes autrichiens ⁽¹⁾ par le professeur C. Harries, de l'Université de Kiel. Ce sont les travaux du professeur Harries qui ont éclairé la nature chimique du caoutchouc; c'est d'eux que dérivent les brevets dont je parlerai plus loin. Le professeur C. Harries est la première autorité en matière de caoutchoucs, et l'on ne peut mieux faire que de citer ce qu'il en dit.

Le professeur C. Harries a démontré que le caoutchouc de formule brute $C^{10}H^{16}$ est un résultat de la polymérisation du diméthylcyclooctadiène, c'est-à-dire d'un isomère de l'isoprène, carbure terpénique de formule brute $C^{10}H^{16}$. La formule développée du caoutchouc est celle ci-dessous, et les beaux travaux de Harries ont fourni ce premier résultat, qu'un corps colloïde, le caoutchouc, considéré auparavant comme inattaquable, peut être travaillé, au point de vue chimique, comme l'on travaille sur un corps cristallisé, tels que le sont tous les sels organiques.

Mais un second résultat de ses travaux est d'avoir inspiré la prise de brevets pour préparer le caoutchouc à partir de l'isoprène. Si le caoutchouc est un polymère de l'isoprène, il suffit de polymériser l'isoprène pour avoir du caoutchouc; l'on voit comme c'est simple en théorie. En pratique, d'abord l'isoprène est difficile à obtenir et coûte très cher; et en second lieu, il ne se polymérise que dans des conditions fort ardues à déterminer.

Sans doute, avant Harries, des essais de polymérisation ont été poursuivis, et ont amené à obtenir des substances ayant quelque analogie avec le caoutchouc. On peut citer les essais de Williams (1860, Royal Society de Londres), de Bouchardat (1879, Académie des sciences de Paris) par action de l'acide chlorhydrique, de Tilden (1882) par action du chlorure de nitrosyle, de Wallach, de Weber, d'Ipaticoff, de Klages, par transformation spontanée demandant des années (Pickles, Chemical Society de Londres, 1910). M. Harries a repris ces essais depuis 1903, et ils furent infructueux. Tilden, dit-il, doit être tombé par hasard sur des conditions d'expériences qui ont déterminé une polymérisation, mais rien ne prouve qu'il ait obtenu du caoutchouc, et non pas un produit analogue à première vue, car la polymérisation de l'isoprène conduit à toutes sortes de produits.

Restent le brevet Heinemann, le procédé Fritz Hoffmann, et le brevet C. Harries. Ce sont là les trois procédés connus comme donnant du caoutchouc synthétique.

M. Harries a eu à examiner un échantillon d'un produit qu'on lui a dit avoir été préparé par le procédé Heinemann, dont une maison anglaise serait concessionnaire. Le procédé consiste essentiellement à faire passer dans un tube chauffé au rouge un mélange d'éthylène, d'acétylène et de chlorure de méthyle, mélange générateur d'isoprène. Le produit examiné était bien du caoutchouc, mais l'échantillon ressemblait étrangement à du vieux caoutchouc para. Les essais faits par M. Harries pour obtenir le caoutchouc en suivant les indications du brevet n'ont pas abouti ⁽²⁾.

En novembre 1909, les Farbenfabriken d'Elberfeld étudièrent un procédé secret du Dr Fritz Hoffmann, et M. Harries déclare que le produit soumis à son examen est bien du caoutchouc; ce serait là, remarque-t-il, que le vrai caoutchouc artificiel aurait été préparé pour la première fois. On dit que la maison d'Elberfeld se prépare à une exploitation industrielle.

Enfin, M. Harries lui-même a pris, en janvier 1910, un brevet qui repose sur la polymérisation de l'isoprène par chauffage en vase fermé avec l'acide acétique; il se produit, dans certaines conditions, du caoutchouc réel, mais le produit est très coûteux. L'idée mère de son procédé dérive de ce fait, passé dans l'industrie courante, que le chauffage du caoutchouc insoluble avec de l'acide acétique glacial lui fait reprendre sa forme soluble. Il semble possible de transformer de nombreux carbures à doubles liaisons conjuguées en autant d'homologues du caoutchouc.

Ciments à base d'oxyde de fer. — Les ciments de laitier, les ciments de pouzzolanes ont fait parler beaucoup d'eux. C'est le tour aux ciments à base d'oxyde de fer, dont on dit beaucoup de bien pour

(1) Cette conférence a été publiée en mai 1910 dans le *Zeitschrift* de cette Société.

(2) Nous croyons savoir que des essais effectués en France ont actuellement abouti.

leur résistance à l'eau de la mer. Ces ciments sont des ciments hydrauliques où l'on a remplacé l'alumine par l'oxyde de fer. Ils peuvent supporter une addition de plâtre sans se désagréger sous l'action de la mer; leur résistance, même après une année de séjour dans l'eau de la mer, s'est trouvée avoir augmenté de 4 %. Ils conviennent donc pour tous les travaux où la construction est en contact avec des eaux salines : constructions maritimes, mines de sels, etc.

La solubilité de la gomme-laque. — M. Ch. Coffignier, à qui l'on doit tant de travaux sur les résines, a examiné la solubilité de la laque brute en morceaux bruns, de la laque blonde en feuilles, et

de la laque blanchie au chlore. Le pourcentage d'insolubles trouvés a été pour ces trois sortes de gomme-laque :

	BRUNE	BLONDE	BLANCHE
avec l'alcool amylique	3.8	3.3	1.4
avec l'alcool méthylique	7.7	6.6	4.6
avec l'alcool éthylique	11.9	7.0	3.6
avec l'aniline	9.2	0.0	0.0
avec l'aldéhyde benzoïque	4.5	1.6	0.0

Ces données trouveront leur application immédiate dans la fabrication des vernis.

J. GARÇON.

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AÉRODYNAMIQUE

La technique de l'aéroplane. — Le dirigeable sera, d'après l'auteur, peu à peu abandonné. Il s'établit pour les aéroplanes une classification rationnelle suivant la position de la voilure principale, de la queue d'empenage et du gouvernail de profondeur, avec sous-classification selon le procédé pour stabilité transversale : gauchissement, ailerons, stabilisateurs automatiques.

La donnée fondamentale de la poussée sur la voilure est l'expression des composantes de la poussée suivant la normale et suivant la parallèle à la trajectoire. On détermine le champ des petites inclinaisons utilisables.

Eiffel, Rateau, les frères Wright ont reconnu que le centre de poussée se porte à l'avant quand l'incidence diminue pour le plan, et très à l'arrière pour les surfaces à profil circulaire. On peut en espérer découvrir un profil, intermédiaire entre la droite et l'arc de cercle, qui limiterait les grandes excursions du centre de poussée.

En ce qui concerne la théorie de l'hélice propulsive, la réduction de vitesse a une influence considérable sur le rendement; il est donc nécessaire d'avoir des pales à surface bien continue et polie.

En ce qui concerne la stabilité, les surfaces planes ont une certaine faculté d'équilibre automatique, mais toujours éphémère; seul l'empenage peut donner la stabilité longitudinale, mais il ne faut pas l'exagérer.

L'avenir des aéroplanes est à la vitesse qui augmentera la capacité d'échange et qui est le meilleur facteur de stabilité; à 150 à l'heure, un aéroplane est inéchavirable. Mais pour ces grandes vitesses, il faut des matériaux de premier ordre, pas trop légers, et des appareils d'atterrissage; en somme, il faut des aéroplanes solides et pouvant varier leur vitesse.

La Commission d'aviation de l'Aéro-Club de France a délivré 21 brevets de pilotes-aviateurs; il y a environ 500 pilotes et élèves dans le monde. En évaluant à 200 000 km le parcours global de tous les aéroplanes, le pourcentage des tués, inférieur à 6 % en nombre, est de 1 par 7 000 km, avec des appareils de recherches.

Communication de M. L. Soreau à la Soc. des Ingénieurs Civils, France du 4 novembre 1910.)

AGRONOMIE

La main-d'œuvre rurale. — M. Max Ringelmann a donné en 1905 un aperçu général du matériel agricole au début du xx^e siècle. Il se propose de dresser l'inventaire descriptif de ce matériel. Mais quelles que soient les machines, il faut toujours un moteur, et les premiers moteurs qui se présentent sont les moteurs animés, c'est-à-dire les hommes et les animaux de travail.

Avant tout, il résume, dans une première notice très développée, les conditions économiques de l'emploi de la main-d'œuvre agricole.

Le dépeuplement des campagnes sévit dans notre pays avec une intensité déplorable. Sera-t-il enrayé par les lois récentes relatives à la petite propriété, aux habitations à bon marché, à la constitution d'un bien de famille insaisissable, aux retraites des fermiers, métayers et cultivateurs?

La pénurie des ouvriers agricoles est compensée par l'immigration temporaire d'ouvriers agricoles belges et polonais. Le mouvement a pris surtout de l'importance depuis 1871 pour les Belges, depuis 1907 pour les Polonais.

En Corse, ce sont les Lucquois qui viennent travailler la terre. Pour tous, les salaires ont augmenté.

(Note de M. Max Ringelmann à la Soc. d'encouragement pour l'industrie nationale, bulletin d'octobre 1910.)

CHIMIE

Adsorption par affinité chimique. — Les matières solides insolubles fixent ou ne fixent pas les matières colorantes réellement dissoutes (acide picrique, fuchsine S), selon les fonctions chimiques en présence. Briggs a montré déjà que le quartz, substance insoluble et acide, adsorbe les hydrates et les carbonates alcalins, tandis que les chlorures de sodium, de magnésium et d'ammonium ne subissent aucune adsorption. M. Léo Vignon montre que l'alumine, l'oxyde de zinc, la soie manifestent une adsorption notable pour les matières colorantes réellement dissoutes, si la durée du contact est suffisante.

Les phénomènes d'adsorption comprennent, en somme, deux cas tout à fait distincts : les substances en fausse solution ou en suspension sont fixées par l'attraction particulière; celles qui sont réellement dissoutes obéissent à l'affinité chimique.

(Note de M. Léo Vignon, présentée par M. A. Haller à l'Ac. des Sciences, 17 octobre 1910.)

Action des nitrates dans la fermentation alcoolique. — Après les recherches anciennes et contradictoires de Ad. Mayer (1869 et de Dubrunfaut (Ac. des Sciences, 1871), les seules expériences précises sur la valeur alimentaire comparée des sels ammoniacaux, des nitrates et des nitrites pour la levure ont été faites par Émile Laurent (*Ann. de l'Institut Pasteur*, 1889); ce dernier a été amené à conclure que la levure préfère les sels ammoniacaux aux nitrates et qu'elle ne peut se développer en présence des nitrites. La possibilité d'une réduction des nitrates à l'état de nitrites a suffi pour faire admettre généralement l'opinion de la nocuité des nitrates dans la fermentation.

Mais il était utile d'étudier séparément leur influence sur les deux fonctions essentielles de la levure, sa multiplication et son activité. Le bilan des recherches dues aux auteurs est une action favorisant pour la zymase, et nuisible pour la multiplication.

(Note de MM. A. Fernbach et A. Lanzenberg, présentée par M. E. Roux à l'Ac. des Sciences, 24 octobre 1910.)

Dans une note ultérieure, présentée le 7 novembre par M. Müntz, M. E. Kayser appuie sur l'influence favorable des nitrates, et surtout du nitrate de manganèse. Il y a une dose optima pour chaque levure.

ÉLECTRICITÉ

Piles à antimoine et sélénium-antimoine. — Si, dans une solution chlorhydrique de trichlorure d'antimoine, on plonge deux baguettes, l'une formée d'antimoine pur, l'autre d'un alliage d'antimoine et de sélénium, on obtient un élément de pile dans lequel le pôle négatif est constitué par l'antimoine pur, et l'électrode positive par un mélange de quatre parties d'antimoine et d'une partie de sélénium. Les piles ainsi formées présentent des propriétés curieuses.

Si on laisse la pile dans l'obscurité, on constate que sa force électromotrice en circuit ouvert, prend au bout de quelques jours une valeur invariable E_0 , pourvu que la température elle-même ne varie pas.

En éclairant brusquement l'électrode positive, on fait croître immédiatement la force électromotrice, qui prend ainsi une valeur E_1 ; puis,

l'éclairage étant maintenu, la force électromotrice diminue, et, au bout d'un certain temps, vingt minutes environ, elle a repris la valeur primitive E_0 . Après trois heures d'éclairage, la pile a encore la même force électromotrice E_0 .

(Note de M. *Pélabon*, présentée par M. Gernez à l'Ac. des Sciences, 10 octobre 1910.)

Essais de câbles électriques. — Ces essais ont été entrepris au Laboratoire central d'électricité sur la demande du ministre de la Marine. Ils ont porté sur les effets de détérioration produits par la courbure des câbles, sur l'action que la chaleur exerce sur l'isolant, enfin sur l'échauffement des câbles par le courant même.

Le pliage, même sous un très faible rayon de courbure, ne paraît pas altérer l'isolant des câbles neufs et non échauffés, et l'on peut conserver la règle qui impose pour les coudes à bord des vaisseaux un rayon intérieur égal au moins à cinq fois le diamètre extérieur du câble.

Une température de 100°, maintenue pendant cent soixante-dix heures, détériore gravement les câbles. Pour les câbles à débit permanent, on peut admettre 60°, et 75° pour ceux à fonctionnement intermittent.

Les câbles isolés ont, à section et intensité égales, une température de régime moindre que les câbles nus. Les câbles nus peuvent subir une température de régime de plusieurs centaines de degrés. Un câble nu s'échauffe plus qu'un câble noirci. Un câble appuyé contre une paroi métallique s'échauffe moins qu'un câble suspendu dans l'air. Un câble isolé n'atteint sa température de régime que lentement.

(Communication de M. *Ch. David* à la Soc. Internationale des électriciens, bulletin d'octobre 1910.)

MÉCANIQUE

Quelques moteurs à pétrole sans soupapes. — Les moteurs à soupapes, presque exclusivement employés jusqu'à ces derniers temps par l'automobilisme, sont actuellement concurrencés par des moteurs à distributions par tiroirs cylindriques et robinets oscillants ou tournants. Ce retour aux distributions par tiroirs tient à la grande vitesse des moteurs qui accentue les défauts des soupapes, chocs, martelage, bruit, dérèglement.

Les tiroirs cylindriques sont constitués soit par des tiroirs-pistons latéraux aux cylindres, soit par des fourreaux concentriques aux pistons moteurs (*moteur Knight*). Ils sont commandés desmodromiquement par des excentriques. Les robinets tournants cylindriques ou coniques présentent la supériorité d'un mouvement continu très doux (moteurs *Mercédès*, *Renault*).

La note signale quelques-uns de ces moteurs : le *Knight* et *Kilbourne* de 1905 (br. anglais n° 14729 de 1905) à tiroir concentrique, le *moteur Knight* de 1908 (br. anglais n° 12355 de 1908) à tiroirs cylindriques, le *Riley* (br. anglais n° 23390 de 1908) à deux tiroirs concentriques séparés du cylindre moteur par des enveloppes d'eau, le *White* (br. anglais n° 25302 de 1908) à tiroirs et enveloppes, le *Lanchester* (br. anglais n° 2145 de 1909) également à deux tiroirs, le *Moore* (n° 20746 de 1909) à un seul tiroir, le *Sears* (n° 3412 de 1910) à deux pistons dont l'un prolongé par un tiroir, le *Mather et Platt* (n° 26501 de 1908) du type oscillant, moteur à deux temps à tiroir cylindrique, le moteur à quatre cylindres avec tiroirs oscillants de l'industrielle *Maatschappij Trompenburg* (n° 28624 de 1909), le moteur à deux temps de *G. Enderby* (n° 10136 de 1909), le *moteur Hewitt*, dont chaque cylindre a sa distribution faite par deux tiroirs cylindriques latéraux inclinés de 15°, non équilibrés, l'un pour l'admission et l'autre pour l'échappement (Cf n° 13667 de 1909 pour le *moteur Hewitt* en tandem), le *moteur Bingham* à tiroirs équilibrés commandés par un arbre tournant quatre fois moins vite que le *moteur* (n° 12659 de 1909), le *moteur Foster et Hamilton* à tiroirs latéraux concentriques, le *moteur H. Owen* (n° 27486 de 1908), le *moteur Cooper* (n° 1399 de 1909) à deux temps, avec deux cylindres sur manivelles à 180° et chacun un tiroir de distribution.

Le *moteur Willams et Robinson* (n° 16172 de 1909) également à deux temps, mais à tiroir concentrique au piston-moteur, le *moteur Carroll et Ripley* (n° 24232 de 1908) à tiroir tournant concentrique, le *moteur Badford et Dorling* à deux cylindres sur manivelles à 180°, à deux temps, distribution faite sur chaque cylindre par un tiroir tournant trois fois moins vite que le *moteur* (n° 395 de 1909), le *moteur Rowledge* adopté par la *C^{ie} Wolseley*, à quatre cylindres avec

chacun un carter-pompe (n° 15805 de 1909), le *moteur A. Brown* (n° 20051 de 1909) à tiroir tournant conique avec anneau fileté; le *moteur Huntington et Maltby* (n° 28966 de 1909) à tiroirs coniques tournants.

(Note de mécanique de M. *G. Richard*, à la Soc. d'encouragement pour l'Industrie nationale, bulletin d'octobre 1910.)

MÉTALLURGIE

Trempe des bronzes. — On sait que la trempe à l'eau à température convenable d'un bronze brut de coulée diminue la dureté du bronze et augmente sa résistance au choc; mais il est possible par trempe suivie d'un recuit après trempe, ou par trempe suivie de refroidissement à très basse température (comme dans l'air liquide) de produire une transformation du métal analogue au cas d'un refroidissement lent. Le métal trempé et légèrement recuit devra être plus dur que le métal recuit à haute température.

(Note de M. *L. Grenet*, présentée par M. H. Le Chatelier à l'Ac. des sciences, 14 novembre 1910.)

Gaz occlus dans les alliages de cuivre. — Les laitons spéciaux forgeables retiennent, à l'état occlus, de 1 à 30 vol. de gaz (H_2 , CO_2 , CO). Dans les pièces saines, l'hydrogène forme 9/10 du gaz. Dans les pièces moulées non saines, l'hydrogène est accompagné d'une proportion importante d'oxyde de carbone. Les barres, obtenues par refoulement à chaud, contiennent moins de gaz que les pièces moulées. Dans les pièces saines, la présence de l'hydrogène occlus ne paraît pas avoir d'influences fâcheuses sur les propriétés mécaniques des laitons forgeables. Les bronzes phosphoreux renferment peu de gaz occlus. L'étain du commerce renferme un faible volume de gaz (CO_2 , H_2 , CO). Les métaux étudiés, s'ils sont exempts de soufflures et de crasses, ne donnent pas lieu au phénomène du rochage.

(Note de MM. *G. Guillemain* et *B. Delachanal*, présentée par M. H. Le Chatelier à l'Ac. des sciences, 14 novembre 1910.)

PHYSIQUE

Nouvelles recherches sur la stérilisation de l'eau par les rayons ultra-violet. — Dans l'appareil présenté le 11 avril, les lampes étaient placées sur des flotteurs, et un tiers seulement de leurs radiations était utilisé. Un nouvel appareil permet d'utiliser plus des trois quarts des radiations; l'eau est forcée, par des chicanes, de venir frapper successivement les trois faces d'une boîte rectangulaire en quartz qui renferme la lampe. L'appareil a réalisé pendant six semaines une stérilisation continue d'une eau clarifiée avec un débit moyen de 25 m³ à l'heure, avec une dépense de 660 watts-heure, c'est-à-dire de 26 watts-heure par mètre cube d'eau. L'eau contenait, de 30 à 300 germes par centimètre cube et 50 à 1.000 coli par litre, et après le traitement une moyenne d'un germe par cm³ et jamais de coli.

(Note de MM. *Victor Henri*, *A. Heilbronner* et *Max de Recklinghausen*, présentée par M. A. Dastre à l'Ac. des Sciences, 17 octobre 1910.)

TRAVAUX PUBLICS

Le pont de La Cassagne. — Sur le tracé fort accidenté de la nouvelle ligne transpyrénéenne allant de Villefranche à Bourg-Madame, la ligne franchit en rampe de six centimètres, au lieu dit La Cassagne, une gorge profonde où coule le Tet et où soufflent des tempêtes d'une violence extrême. La largeur du ravin est de 253 m., à 80 mètres de hauteur au-dessus du lit du Tet. Elle est franchie par un pont à trois travées du système Gislard, une travée centrale de 156 mètres, deux travées latérales de 39 mètres, et une travée auxiliaire de 19 mètres.

(Note de M. *Arnodin*, présentée par M. Alfred Picard à l'Ac. des sciences, séance du 7 novembre 1910.)

Effets du goudronnage des routes sur la végétation. — Les poussières goudronneuses n'agissent que comme poussières. Mais l'action anesthésique des vapeurs sur les feuilles amène leur dépérissement: aussi le goudronnage doit-il être fait avec circonspection.

(Note de M. *M. Mirande*, présentée par M. Guignard à l'Ac. des sciences, 21 novembre 1910.)

L'enquête de M. *Griffon*, au contraire, est entièrement favorable au goudronnage.

(Note de M. *Griffon*, présentée par M. Ed. Prillieux à l'Ac. des sciences, 5 décembre 1910.)

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

ENSEIGNEMENT

L'Enseignement technique dans une province belge.

Dans la province du Hainaut, moins grande qu'un département français d'étendue moyenne, et qui n'a aucune ville dépassant 30.000 habitants, on trouve plus de 300 institutions d'enseignement professionnel subventionnées par l'administration régionale, et il faudrait en ajouter beaucoup d'autres, qui sont libres, afin d'avoir une idée complète des efforts tentés en cette partie de la Belgique pour la préparation aux métiers. Environ 25 000 adolescents ou adultes profitent de l'enseignement ainsi donné.

Mons, la capitale, a notamment : une école des mines, une école industrielle supérieure, une école de mécanique agricole, un cours normal pour la préparation du personnel enseignant, et, aux alentours, des localités sans importance pour le chiffre de la population mettent leur honneur à offrir aux apprentis, aux ouvriers, aux employés des moyens de s'instruire. On a pu voir à l'Exposition de Bruxelles des cahiers de cours tenus par des porions, par des employés, par des femmes, dont les unes sont des institutrices désireuses d'être en mesure de donner certains enseignements : comptabilité, correspondance commerciale, et dont les autres cherchent à améliorer leur situation ou à s'en créer une, — comme cette jeune fille d'une vingtaine d'années qui se dit « sans profession ». Parmi ces élèves, il en est de relativement âgés : vingt, trente et quarante ans ; le désir d'apprendre a dans ces conditions quelque chose de touchant qui fait apparaître mieux encore l'utilité des cours professionnels.

Mais, si presque toutes les communes du Hainaut ont un enseignement professionnel, c'est à Charleroi que s'est établi le plus remarquable ensemble d'institutions de cet ordre et peut-être, dans l'exposé qu'on en peut faire, a-t-il plus d'un sujet de réflexions pour des Français.

Toutes ces institutions ont un centre commun : le *Musée de l'enseignement industriel et professionnel* de la province. Qu'est-ce que ce Musée ? C'est d'abord... un musée. Mais on peut concevoir sous ce titre un endroit où seraient simplement exposés l'outillage et les produits de certaines industries : il attirerait de loin en loin quelques visiteurs et — si c'était tout — surtout des étrangers. Celui de Charleroi s'inspire d'autres principes : il est un moyen réel d'enseignement et, de plus, à certains égards, une véritable usine. On y a installé, en premier lieu, une exposition permanente des travaux essentiels exécutés dans les écoles industrielles du Hainaut. Pourquoi ? Pour que l'émulation se produise entre les maîtres et que chacun puisse se tenir au courant de ce que font les autres : un niveau commun tend à s'établir, non dans l'uniformité, ce qui serait fâcheux, mais dans le degré d'enseignement. D'autre part, le Musée constitue tout l'outillage professionnel caractéristique : les appareils, les machines sont de grandeur naturelle, peuvent fonctionner — et fonctionnent : on s'en sert pour les cours du Musée de Charleroi ; on s'en sert aussi lorsque les maîtres qui donnent l'instruction préparatoire aux métiers dans de petits centres moins bien pourvus jugent nécessaire d'amener leurs élèves au musée : des expériences, des essais

sont faits par eux ou devant eux. Non seulement, il s'y trouve des mécanismes identiques à ceux de l'industrie, mais, de plus, on en a placé d'autres qui servent spécialement à la démonstration, car ils sont des parties de machines décomposées pour mieux faire comprendre : ainsi, la distribution de la vapeur y peut être étudiée dans un tiroir simple, d'abord, et successivement, dans la *distribution* Gouzenbach, la *détente* Meyer fixe, les *détentes* Meyer variables, la *distribution* Corliss. Parfois, on n'a pas besoin de venir des autres communes pour profiter du matériel d'enseignement : le Musée envoie aux cours professionnels, à titre de dépôt, les appareils et les machines que l'on voudrait étudier.

Une bibliothèque annexée rend, par l'application des mêmes principes, des services semblables : on y lit sur place les ouvrages, mais les intéressés, éloignés de Charleroi, peuvent obtenir des prêts à domicile, et 40 000 volumes sont utilisés d'une façon ou de l'autre. Il y a au Musée des conférences publiques sur les actualités économiques et scientifiques ; un Bulletin mensuel traite d'un grand nombre de questions professionnelles et constitue un recueil de valeur. Voici maintenant ce qui se fait pour la préparation directe au métier.

Une œuvre est destinée à fournir un moyen d'existence à des malheureux : c'est l'atelier pour les victimes des accidents du travail, pour des infirmes, pour des dégénérés. On assiste à des scènes émouvantes : des aveugles ont appris à faire de la vannerie ; des estropiés de toute sorte sont cordonniers, d'autres tailleurs ; à l'atelier de broserie, un homme jeune, manchot des deux bras, fabrique des brosses ; plus loin, d'autres malheureux réussissent à confectionner des appareils orthopédiques — dont on a tant besoin, ici, hélas ! — Spectacle douloureux assurément, mais qui inspire malgré tout une pensée réconfortante : l'hérédité, la cruauté de la nature, les accidents du travail avaient produit des déchets humains pour lesquels il n'était d'autre moyen de vie que la mendicité ; à force de cœur et de patience, on les a mis en état de gagner le pain qu'ils mangent, et celui que sans doute d'autres attendent d'eux.

L'enseignement technique proprement dit comprend des cours professionnels permanents et des cours temporaires. Les premiers ont deux degrés : les uns, exclusivement pratiques, forment de bons ouvriers ; d'autres, où la théorie tient une place importante, se font à l'école industrielle supérieure et préparent des contremaîtres et des techniciens. Sept cours pratiques existent : pour imprimeurs, plombiers, pâtisseries, boulangers, tailleurs, mouleurs et modelleurs, électriciens. L'Ecole supérieure a huit sections : mécaniciens, conducteurs et dessinateurs de constructions civiles, conducteurs de mines, d'industries chimiques (produits chimiques, industries des silicates : verrerie, glacerie, émaillerie, produits céramiques) ; conducteurs d'industries métallurgiques ; section des arts industriels (peintre en bâtiment, sur verre, sur porcelaine, relieurs, feronniers, bijoutiers, sculpteurs sur bois, ébénistes d'art) ; section des sciences commerciales.

Dans les vastes locaux, en partie construits, qui remplaceront les anciens devenus insuffisants, une simple promenade permet de voir un matériel considérable : une machine à vapeur de 125 chevaux, des moteurs à gaz pauvre, une installation électrique centrale qui fournit l'éclairage et actionne les moteurs des ateliers, des appareils d'essais de matériaux à la trac-

tion et à la compression. L'atelier de moulage a tout ce qui est nécessaire pour faire des travaux à caractère industriel, et notamment, un cubilot peut produire des pièces de 4 et 5 kg. ; dans l'atelier de boulangerie, un four à chaud et un simple four au bois permettent d'étudier la manœuvre, le rendement et le prix de revient comparés des appareils anciens et nouveaux ; l'atelier de serrurerie constitue l'idéal d'un atelier pour un serrurier d'importance moyenne ; les électriciens peuvent exécuter, sur des établis du dernier genre, avec des machines, des machines à forer, à fraiser, à raboter, toutes les opérations les plus délicates.

De même que dans beaucoup de centres belges, il n'y avait à Charleroi jusqu'à ces temps derniers que des cours du soir et du dimanche : on vient d'y ajouter une école du jour, une école proprement dite où ces enfants recevront l'enseignement technique en restant de 8 heures à 5 heures du soir ; ils auront quatre heures de leçons et travailleront quatre heures dans les ateliers. Un repas leur sera servi gratuitement à midi et on leur accordera un petit salaire d'apprentissage de 5, 10, 15 centimes par heure de travail en 1^{re}, 2^e et 3^e années d'études.

Les cours temporaires ont été inspirés par la préoccupation sociale suivante : tenir au courant des procédés nouveaux, des questions importantes de la vie économique, les ouvriers formés et les petits ou moyens patrons. Les uns et les autres, qui sont ou se croient trop âgés pour suivre des cours permanents, ne risquent-ils pas d'être débordés par de plus jeunes ? Les organisateurs du Musée ont prononcé sur ce sujet des paroles dignes d'être méditées : « La classe des artisans ne survivra aux transformations qui s'opèrent dans les métiers qu'en se dépouillant de ses souvenirs, de ses préventions, de ses vieux procédés. Pour soutenir avec succès la lutte contre la concurrence, l'artisan doit pouvoir se servir d'un outillage à grand rendement et à faible consommation ; il doit être en mesure de discerner et d'employer les inventions, procédés, dispositifs nouveaux qui se produisent dans sa spécialité. Pour peu que sa profession s'y prête, il doit être à même de concevoir, d'apprécier et d'appliquer les formes artistiques qui impriment un cachet spécial à ses travaux : il doit, en un mot, d'après le cas, posséder une culture artistique et de solides notions scientifiques. De plus, l'artisan vit, commercialement, au milieu de situations nouvelles... ; un jugement sûr et indépendant sur toutes ces matières ne peut s'acquérir que par une instruction commerciale et économique approfondie ». De là, la création de « cours temporaires et périodiques pour patrons et ouvriers formés ». Pour être suivis, ces cours doivent ne comprendre qu'un petit nombre de leçons : il en est de 6, 8, 12 leçons de deux heures. Le souvenir en doit être assuré par certains moyens pédagogiques : on remet aux auditeurs un résumé ou « syllabus » de l'enseignement. Il est désirable qu'il y ait des cours pour beaucoup de professions et il s'en fait : aux menuisiers et ébénistes, aux serruriers, poêliers, sur l'outillage mécanique et électrique qui peut leur être utile ; aux imprimeurs, patrons des métiers du bois, du fer, sur la force et l'éclairage électriques dans les petites exploitations ; aux teinturiers, tailleurs, sur les tissus ; aux plombiers, gaziers... sur la plomberie, la zinguerie ; aux serruriers, feronniers, sur le goût et les styles dans les industries du métal, etc. D'autres cours sont donnés sur des

questions économiques et sur la législation industrielle. Une mesure excellente a été prise : la vue des services rendus à Charleroi même par les « cours de maîtres » a fait naître l'idée de transporter cette forme d'enseignement dans d'autres centres de la province et il y a eu dans l'année des exposés suivis par plus de mille auditeurs, à la Louvière, Ath, Marcinelle, Mons, Tournai, etc.

Il était naturel qu'on s'inquiât au Musée de la formation du personnel de l'enseignement technique, auquel il faut, non seulement une certaine valeur scientifique, mais encore des aptitudes pédagogiques : faute de celles-ci, le professeur passe au-dessus de son auditoire au risque de le décourager, et une perte de temps, par le manque d'adaptation des cours, n'est nulle part plus regrettable que dans ces milieux où l'on a affaire à des élèves âgés et assez vaillants pour venir chercher l'instruction aux heures où ils auraient le droit de se reposer. Les *Cours normaux* de Charleroi préparent peu à peu les maîtres nécessaires : en une année, 52 auditeurs sont venus ; des instituteurs, des diplômés d'écoles industrielles supérieures, des conducteurs des mines, etc.

Telles sont les œuvres d'enseignement. Il s'y ajoute trois services gratuits pour les membres des Associations professionnelles de la province : consultations et contrôle chimiques (vérification d'huiles, d'essences, de farines, de ciments, chaux, charbons ; consultations et essais mécaniques matériaux, pontrelles) ; consultations commerciales (sur litiges et difficultés diverses). Enfin, les Associations collaboratrices du musée ont un service d'achat en commun permettant aux petits patrons qui les composent d'obtenir, dans leurs marchés, les mêmes avantages de prix et de qualité que les grandes maisons. La Corporation des boulangers, par exemple, a, dans l'espace d'une année, acheté en commun pour plus d'un demi-million de francs de marchandises : la Corporation des serruriers-feronniers a organisé avec succès l'achat des fers et des charbons ; les tailleurs et peintres suivent la même voie.

Chacune de ces œuvres mériterait une étude approfondie. A défaut, peut-être n'aura-t-il pas été inutile d'attirer l'attention sur l'ensemble. Cette année, Charleroi inaugurera un vaste bâtiment qui contiendra tous les services du musée : les promoteurs ont inscrit sur le fronton la mention : Université du Travail. Il n'y a sans doute, nulle part, aucun groupe d'institutions qui mérite mieux ce grand nom, et ne semble-t-il pas qu'en créant tous ces moyens d'enseignement et de progrès, ce ne sont pas de petites leçons qu'une simple province donne aux nations ?

Maurice GRIGAUT.

Professeur à l'École d'Arts et Métiers de Châlons-sur-Marne.

Compte rendu du Congrès international de l'Enseignement technique supérieur (Bruxelles, 9-12 septembre 1910).

ANALYSE DES RAPPORTS ET COMMUNICATIONS PRÉSENTÉS AU CONGRÈS

(Suite) (1).

Rapport de MM. DE FUISSEAU, ingénieur civil et ingénieur électricien, professeur à l'Université Nouvelle, et DAPENS, ingénieur civil des mines, ingénieur-conseil à Bruxelles.

Les auteurs ont recueilli les avis d'un grand nombre d'ingénieurs sortis de l'Ecole polytechnique de Bruxelles, sur les différentes questions du programme, et leur rapport, relatif surtout aux ingénieurs praticiens, constitue le

résumé des opinions qui leur ont été communiquées.

Il y a lieu d'établir un programme fondamental commun à toutes les catégories d'ingénieurs : ce programme doit comprendre l'enseignement approfondi de la physique, de la chimie, et des mathématiques supérieures, limitées en général aux parties qui seront nécessaires ultérieurement à l'ingénieur. Ces cours seront allégés de toute spéculation pure, mais comprendront de nombreux exercices numériques pratiques, destinés à donner aux formules une signification concrète : ils seront accompagnés de visites d'usines ou de chantiers ; et chaque visite fera l'objet d'un rapport ; les travaux, cotés, entreront dans l'appréciation finale de la valeur du candidat.

Le programme serait débarrassé des éléments de science pure et des notions d'art et de littérature, ainsi que du cours d'astronomie, du calcul des probabilités, etc. Les cours ainsi compris devraient naturellement être tout à fait indépendants de ceux du doctorat de sciences.

Dans les années spéciales, certaines branches devront être plus particulièrement développées selon les spécialités ; un principe général sera de réduire au strict minimum la partie historique, pour décrire complètement les appareils, machines et procédés reconnus les meilleurs ; cette dernière partie devra être tenue à jour et indiquer toujours le but vers lequel tendent les efforts ; elle sera accompagnée d'une bibliographie soignée ; des exercices pratiques seront effectués en grand nombre ; les cours devront autant que possible être imprimés ou autographiés.

Les ingénieurs docteurs suivront des cours se rapprochant de ceux des docteurs en sciences physiques et mathématiques.

La durée des études pour les ingénieurs praticiens serait de cinq à six années en comprenant les deux années consacrées aux matières du programme fondamental et les quatre stages, dont il est question par la suite.

Les travaux pratiques consisteraient en calcul d'application accompagnant les cours et en projets, mais débarrassés de tout travail inutile au point de vue du dessin notamment.

Les visites se feraient isolément ou par groupes ; les élèves auraient à fournir des rapports au sujet de chacune d'elles et ces travaux seraient cotés. Les stages industriels n'en resteraient pas moins indispensables ; ils pourraient occuper une partie des vacances ; ils auraient lieu de préférence en pays étranger les travaux consisteraient en études sur des questions spéciales, à propos desquelles l'étudiant aurait à fournir un rapport ; le dernier stage, à la fin des études, serait plus long ; il aurait une durée de six mois à un an et il aurait pour but l'étude, au point de vue technique et administratif, de questions choisies d'avance par le candidat. La participation directe de l'ingénieur aux travaux, pendant ces stages, ne paraît pas réalisable.

Les auteurs ont aussi envisagé la création de musées techniques, d'appareils, de modèles, de produits ; ils estiment que des organismes de ce genre seraient intéressants, mais craignent qu'ils occasionnent souvent des dépenses exagérées ; des bibliothèques bien montées seraient utiles ; elles pourraient avantageusement être confiées aux étudiants. Comme moyens d'enseignement, les dessins doivent être tenus pour supérieurs aux projections, que l'élève ne peut consulter après les cours.

Les bourses de mission sont très bonnes et doivent être distribuées le plus largement possible ; il y aurait grand intérêt à adjoindre les élèves à des missions officielles ou privées, en qualité de secrétaires, pour économiser des bourses et pour donner le maximum de rendement au système. Les voyages ne devraient

pas avoir une durée inférieure à six semaines, pour ceux faits pendant les vacances, et à trois mois pour celui de clôture ; ils se feraient en général isolément, à moins qu'il s'agisse de l'examen d'une question réclamant le concours de plusieurs spécialistes de professions différentes.

L'échange d'élèves ingénieurs praticiens ne paraît pas présenter d'intérêt ; il n'en est pas de même pour les ingénieurs docteurs.

Création en Belgique d'un Institut spécial d'enseignement technique des transports, par M. CARLIER, répétiteur du cours d'exploitation des chemins de fer à l'Université de Liège.

L'auteur propose la création d'une école spécialement consacrée à l'industrie des transports. (A suivre.)

LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION

DU TRAVAIL INDUSTRIEL

Compteurs d'énergie électrique.

Un arrêté du ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, en date du 13 août 1910, fixe les conditions d'approbation des types de compteurs d'énergie électrique. Il annule l'arrêté du 2 juin 1909.

Sont considérés comme de même type les compteurs de calibres différents, construits sur les mêmes dessins et dont les différences ne portent que sur les bobinages.

L'article 3 dit que les essais portent au moins sur les points suivants :

1° Essais aux trois régimes : de pleine charge nominale ; de demi-charge ; du vingtième de charge.

Ces essais sont faits sur l'appareil fermé et mis sous tension depuis une heure au moins, et, dans tous les cas, jusqu'à ce que le régime de température dû au fil de dérivation soit atteint.

Les autres conditions sont les suivantes :

a) Température arbitraire entre les limites 10° et 25° C. ;

b) Tension arbitraire entre 0,9 et 1,10 fois la tension nominale ;

c) Facteurs de puissance arbitraires entre 1,0 et 0,5 pour l'essai en plein débit ; et à demi-charge, un essai pour chacune des valeurs, 1,0 et 0,5 approximativement.

Sur les compteurs de 5 hectowatts et au-dessous, un essai au régime de 20 watts est substitué à l'essai au vingtième de charge.

L'essai au vingtième de charge ou à 20 watts est répété, sur les compteurs watt-heure-mètres à courant continu, en plaçant l'instrument dans deux orientations opposées à 180° et telles que l'axe du champ dû au fil principal soit dans le plan du méridien magnétique ;

2° Essais au régime de demi-charge avec des écarts en plus et en moins, d'un vingtième sur la valeur nominale de la fréquence ;

3° Essais en surcharge d'un cinquième de la puissance maximum normale ;

4° Epreuve de marche à vide ;

Sur les compteurs pourvus d'un mécanisme à rouleaux, épreuve portant sur le fonctionnement simultané de tous ces rouleaux, au régime du dixième de charge ;

5° Essai donnant le régime minimum qui assure un démarrage certain ;

6° Valeur des consommations internes dans chaque circuit ;

7° Essai de court-circuit d'une intensité égale à dix fois le courant maximum normal, limité dans sa durée d'application par le jeu d'un fusible fondant sous un courant double du maximum normal ; essai répété cinq fois ;

8° Les compteurs moteurs à collecteurs qui ne sont pas munis d'un fil à plomb ou d'un

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 10, p. 588 ; n° 11, p. 653 ; n° 12, p. 717.

organe de nivellement équivalent sont essayés à demi-charge, en donnant à l'appareil une inclinaison de 5° par rapport à la verticale. Le résultat de l'essai est consigné au certificat comparativement à celui de l'essai correspondant à la verticalité de l'axe.

Les résultats à obtenir et les tolérances sont fixés ainsi par l'article 4 :

1° Essai à pleine charge nominale : erreur relative $\pm 3\%$

2° Essai à demi-charge : erreur relative $\pm 3\%$

3° Essai au vingtième de charge : erreur relative $\pm 5\%$

4° Dans le cas où le compteur comporte un appareil accessoire, cette dernière limite seule est portée à $\pm 7\%$

5° Essai au régime de 20 watts : erreur absolue ± 2 watts.

6° Compteurs à courants alternatifs essayés à demi-charge aux fréquences de 0,95 et 1,05 fois la normale : l'erreur relative ne doit pas différer d'une unité en plus ou en moins de celle obtenue à la fréquence normale ;

7° Essai en surcharge d'un cinquième : le compteur ne doit subir aucune détérioration par l'application de cette surcharge pendant un demi-heure ;

8° Essai de démarrage : les limites supérieures de démarrage franc sont :

a Pour compteur de 5 hectowatts et au-dessous : 2° de pleine charge ;

b Pour compteurs supérieurs à 5 hectowatts : 1° de pleine charge.

9° Consommations internes : les limites supérieures sont :

a Dans le fil de dérivation : sur un courant alternatif ;

Lé watt par 100 volts.

Et sur courant continu :

b 0 watt pour 100 volts de tension nominale ;

c Dans les fils principaux ;

Pour les compteurs ampère-heure-mètres de tous calibres et pour les compteurs watt-heure-mètres de 5 hectowatts et au-dessous : 1,5 volt à pleine charge ;

Pour compteurs watt-heure-mètres supérieurs à 5 hectowatts : 1 volt à pleine charge ;

10° Essais de courts-circuits : après l'application des courts-circuits, la valeur de l'erreur relative à demi-charge ne doit pas avoir varié de plus d'une unité.

1 947 000 hectares. Enfin, 6 514 000 hectares appartiennent aux particuliers ou aux communes, mais ne sont pas soumis au régime forestier.

Dans les bois et forêts appartenant aux communes et établissements publics se trouvent :

En futaie régulière	hectares	180 000
— jardinée	360 000	
Futaie	540 000	hectares
En conversion	20 000	
En taillis sous futaie	1 000 000	
— simple	260 000	
Taillis	1 260 000	1 260 000
et en terrains improductifs	120 000	
Total	1 940 000	

Les bois qui appartiennent aux particuliers ou qui, appartenant à des communes, ne sont pas soumis au régime forestier, sont, sauf les résineux, le plus souvent en taillis simple et sous futaie.

Les bois résineux représentent un quart de la superficie forestière, et les feuillus les trois quarts.

La production ligneuse est annuellement de 26 000 000 de mètres cubes qui proviennent :

Pour 2 900 000 des forêts de l'Etat ;

Pour 4 000 000 des bois des communes et établissements publics ;

Pour 18 300 000 des bois des particuliers et de ceux non soumis des communes.

Dans ces 26 millions, il n'y a que 6 millions de bois d'œuvre ; le reste, 20 millions, n'est que du bois de feu.

M Cyprien Girerd, au rapport duquel nous empruntons ces chiffres, a fait remarquer, à la Société nationale d'encouragement à l'agriculture, que l'Etat vend chaque année environ 2 800 000 m³ de bois de feu, les communes et établissements publics 3 550 000 et les particuliers 14 630 000. Les 6 millions de bois d'œuvre sont fournis : 1 080 000 m³ par l'Etat, 1 250 000 par les communes et établissements publics, 3 670 000 par les particuliers.

Tandis que les bois de feu ne sont plus demandés, et que, en vertu de la loi de l'offre et de la demande, leur prix ne cesse de décroître, le prix du bois d'œuvre va sans cesse en s'élevant ; l'introduction du fer et de l'acier dans les constructions a pu diminuer dans une certaine mesure l'emploi de la charpente ; mais les demandes pour planchers, menuiserie, tonneaux, caisses, poteaux télégraphiques, traverses de chemins de fer, wagons, pavés de bois, etc., augmentent continuellement.

« La hausse des prix est une excitation constante à la réalisation des réserves ; ce qui constitue pour l'avenir, dit M. Girerd, une menace très inquiétante. »

Le bois d'œuvre fait d'ailleurs défaut dans toute l'Europe. La production n'a cependant pas diminué, mais la consommation ne cesse de s'accroître.

L'importation en France pendant les cinq années de 1894 à 1898, était de 140 480 140 fr. contre une exportation de . . . 41 822 216 »

Soit un excédent de . . . 98 657 924 fr.

et, dans les cinq dernières années, cet excédent s'est élevé en moyenne à 113 005 063 fr.

Tandis que l'exportation s'élevait de 10 millions seulement, l'importation gagnait 24 millions.

L'administration des eaux et forêts n'a cessé cependant de tirer du tiers de la propriété forestière qu'elle est chargée de gérer tous les produits utiles qu'il peut donner ; en outre, elle a, par le reboisement de 247 000 hectares en montagne, et par la fixation des dunes qui, sur une étendue de 286 km., de la Gironde à la Bretagne, sont devenues de véritables forêts, étendu notablement le domaine de l'Etat.

Mais, du côté des particuliers, on continue à croire généralement que les arbres poussent tout seuls, que la forêt n'a pas besoin de soins.

Là aussi, un mouvement important d'extension s'est néanmoins produit. En plaine, les landes et les dunes de Gascogne, pour 680 000 hectares ; les landes de Sologne pour 80 000 ; les landes calcaires de la Champagne, pour 15 000 hectares, constituent aujourd'hui un total de près de 800 000 hectares de pineraies en pleine production. En montagne, par l'application de la loi de 1882, avec le concours de l'Etat, les travaux facultatifs créent, chaque année, 2 600 hectares de reboisement.

Nos bois ne suffisent donc pas à nos besoins et il nous faut, chaque année, en faire venir du dehors pour plus de 100 millions de francs.

P. B.

CONGRÈS ET EXPOSITIONS

Congrès de la meunerie de 1910 à Paris.

Le 22^e Congrès de la Meunerie, organisé par l'Association Nationale de la Meunerie Française, s'est tenu du 28 au 30 novembre, à l'Hôtel de la Société d'Encouragement à Paris.

Les principales questions qui figuraient au programme sont les suivantes : le déficit de la récolte et le régime de la meunerie ; les contrats de grains et les conditions d'importation dans les ports français ; l'exportation des farines françaises dans nos colonies ; les cahiers des charges pour les fournitures de farine aux administrations de la marine et de la guerre ; l'admission temporaire du blé ; réglementation de l'admission temporaire du maïs et des fèves ; questions de transports ; qualité loyale et marchande ; standards ; réglementation des bourses de commerce ; l'instruction professionnelle en meunerie, etc., etc.

Congrès de mécanique agricole à Paris en 1911.

Le bureau de la Société nationale d'encouragement à l'Agriculture a décidé de tenir à Paris un Congrès de mécanique agricole les 22 et 23 février 1911, pendant le Concours général agricole.

Les constructeurs de France et un grand nombre de délégués des Sociétés agricoles prendront part à ce Congrès.

Exposition industrielle internationale en Russie en 1911.

Le ministre du Commerce et de l'Industrie a autorisé l'organisation d'une exposition internationale industrielle, où l'on verra la marche progressive de toute la production, depuis la matière brute jusqu'à l'article définitivement confectionné. Cette exposition aura lieu au printemps 1911 et comprendra les sections suivantes : 1° Navigation aérienne ; 2° Vêtements, tissus ; 3° Ménage et ameublement ; 4° Matières alimentaires ; 5° Produits chimiques ; 6° Métaux, pierres, bois ; 7° Electricité ; 8° Typographie, lithographie, reliure ; 9° Instruments de musique ; 10° Petite industrie domestique ; 11° Divers.

Exposition internationale des applications de l'électricité aux chemins de fer organisée, à Saint-Petersbourg, par la Société technique impériale russe.

L'ouverture de cette Exposition, qui avait été fixée à l'automne de 1910, est ajournée jusqu'au 15/28 avril 1911, par suite de la décision prise par la Société technique impériale russe de faire coïncider cette ouverture avec le jour de la célébration du 75^e anniversaire de la première voie ferrée en Russie.

La réception des demandes d'admission est reportée jusqu'au 15, 28 février 1911.

STATISTIQUES

Les forêts de France et leur production.

La France renferme 9 806 084 hectares de bois et forêts sur une étendue totale d'environ 36 millions de hectares. Il y a un siècle, l'étendue forestière de la France n'était que d'environ 9 millions d'hectares. La valeur de la production ligneuse, à cette époque, était évaluée à 290 millions ; elle est aujourd'hui de 334 millions, soit une augmentation de 15 % à peine.

Les forêts de l'Etat comprennent :

Futaie régulière	hectares	360 000
— jardinée	100 000	
Futaies	460 000	hectares
En conversion de taillis en futaie	120 000	
En taillis sous futaie	290 000	
— simple	20 000	
Taillis	310 000	310 000
Total	939 000	

L'Etat français ne possède que 939 000 hectares de bois et forêts (vides déduits). Les communes et établissements publics soumis à la surveillance de l'administration en possèdent

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES DES OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS

Le celluloid, par MASSELOU, ROBERTS et CILLARD. — 1 vol. in-8° de 527 pages avec figures et planches, 20 fr. (A.-D. Cillard, éditeur, Paris, 1910.)

La première partie de l'ouvrage traite de la fabrication; la seconde, du travail du celluloid; des celluloids ininflammables et substituts.

Dans la première partie, les auteurs envisagent la composition et les propriétés du celluloid; ils traitent ensuite de la nitrocellulose et des procédés industriels de nitrification, du blanchiment de la nitrocellulose, du séchage, du mouillage, de la coloration, du laminage et de la compression, du coupage et polissage, de l'utilisation des déchets, des essais chimiques et mécaniques, de l'organisation d'une usine et des précautions à y prendre.

La deuxième partie est consacrée au travail du celluloid: fabrication de peignes, des objets divers: manches de cannes, ballons, boîtes, linge, clichés, dentiers, cylindres de phonographes, perles, boutons, plaques et films photographiques, etc.

La dernière partie traite des celluloids ininflammables et des succédanés.

Cet ouvrage est très complet: nous y ferons cependant une critique: c'est que certains procédés et appareils sont décrits avec beaucoup de détails et d'éloges, tandis que sur d'autres on trouve des renseignements un peu trop sommaires. Peut-être les auteurs ont-ils eu beaucoup de facilité à se documenter dans certains cas, alors que dans d'autres cas sans doute ils n'ont pu se procurer que très difficilement les indications qu'ils nous fournissent. — P. D.

La formation du prix des denrées alimentaires de première nécessité, par Albert DULAC. — 1 vol. in-16 de 158 pages, 2 planches. (Rivière et Co, éditeurs, Paris, 1911.)

Un de nos très distingués collaborateurs, M. Dulac, qui s'est consacré aux questions d'économie politique et en particulier à celles touchant l'agriculture, vient de traiter avec précision et méthode le sujet capital et d'actualité de la formation du prix des aliments de première nécessité. L'auteur envisage successivement les points suivants: le marché, le prix pour les producteurs, le prix pour les consommateurs, le prix pour les commerçants intermédiaires, le prix pour le groupe central du haut commerce, la formation des prix: conditions objectives et subjectives de leur variation, puissance capitaliste, association, puissance de l'Etat.

Les moindres mérites de M. Dulac n'ont pas été de présenter avec clarté et élégance une question aussi complexe; il envisage les divers aspects du problème avec impartialité. Si la conclusion de l'auteur est un peu idéaliste lorsqu'il prétend que la vie économique ne doit pas reposer éternellement sur la lutte, mais que le marché universel réalisera un jour son unité dans l'harmonie de tous ses éléments, il est néanmoins permis de s'associer à cette prophétie en en souhaitant la réalisation. — G. B.

Monographie sur l'état actuel de l'industrie du froid en France. — 1 vol. in-4° de 440 p. avec planches, 20 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris, 1910.)

Cette remarquable monographie luxueusement éditée à l'occasion du II^e Congrès international du Froid (Vienne, octobre 1910), est due à l'initiative de M. de Loverdo, l'actif secrétaire général de l'Association française

du Froid. On y trouve exposées les principales applications du froid dans les différentes industries: conservation des viandes, brasserie, charcuterie, chocolaterie, confiserie et pâtisserie, entrepôts frigorifiques, congélation du sol, industrie fromagère, fabrication de la glace, horticulture, conservation du lait, margarinerie, hôpitaux, transports, etc. — R. G.

Hydraulique agricole, par P. LÉVY-SALVADOR, ingénieur du service technique de l'hydraulique agricole, avec la collaboration de P. FRICK, ingénieur des constructions civiles. — Tome I: *Considérations générales sur les cours d'eau. Réglementation des barrages sur cours d'eau non navigables ni flottables. Maintien du libre écoulement des eaux*. 2^e édit. — Gr. in-16 de 628 pages avec 217 figures et 4 planches; reliure souple, 15 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris, 1910.)

Si la France possède un réseau de petits cours d'eau naturels d'environ 260 000 kilomètres, il s'en faut de beaucoup que les rivières tirent tout le parti des avantages que pourrait leur procurer un aménagement judicieux des eaux dont ils ont la jouissance.

On doit donc chercher à encourager les intérêts dans la voie de l'utilisation rationnelle des eaux. Cette utilisation soulève des questions techniques et des questions administratives que l'auteur a essayé de présenter pratiquement, de façon à les résoudre aisément.

Dans l'édition nouvelle, l'auteur tient compte des nombreux changements survenus dans ces dernières années, tant en ce qui concerne les ouvrages hydrauliques qu'en ce qui a trait à la législation des eaux.

L'emploi de l'énergie des cours d'eau pour la production de l'électricité et l'introduction de nouveaux matériaux de construction (ciment armé, métal déposé, etc.), ont eu leur répercussion sur les méthodes d'aménagement des eaux, et sur l'exécution des ouvrages hydrauliques: les anciennes formules employées pour le calcul du débit des canaux découverts ou des déversoirs ont été remplacées par celles de Bazin. — C. D.

La Métallographie microscopique, par L. RÉVILLON, ingénieur des Arts et Manufactures. — 1 vol. in-8° (19-12) de 176 pages avec 24 figures; 1910 (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*); broché, 2 fr. 50; cart. 3 fr. (Gauthier-Villars, éditeur, Paris, 1910.)

L'auteur s'est proposé, dans ce livre très élémentaire, de renseigner tous ceux qui ont à s'occuper de Métallographie et particulièrement les débutants sur les opérations qu'il y a lieu d'effectuer pour arriver à un bon résultat.

La première partie indique la technique des opérations successives à effectuer avant de procéder à l'examen microscopique et décrit le matériel à employer. La deuxième partie rend compte de la constitution des principaux alliages industriels, mentionne les différents constituants qui peuvent se présenter, avec leur signification et leurs caractères distinctifs, et permet de déduire les conclusions pratiques de l'examen. — P. B.

Notes et formules de l'Ingénieur, par Ch. VIGREUX et Ch. MILANDRE, ingénieurs, 16^e édition. — 1 gros vol. in-16, 12 fr. 50. (Geisler, éditeur, Paris, 1910.)

L'excellent formulaire, qui en est à sa 16^e édition, renferme tous les documents et renseignements touchant aux mathématiques, à la mécanique, à l'électricité, aux chemins de

fer, aux mines, à la métallurgie, etc., mis à jour d'après les derniers travaux scientifiques et techniques. — P. B.

Analyse chimique appliquée aux essais industriels (Traité complet d'), par J. POST et B. NEUMANN. — Tome II, 3^e fasc., 1 vol. gr. in-8° de 916 pages avec 85 figures, 11 fr. (Hermann et fils, éditeurs, Paris, 1910.)

Le troisième fascicule du tome II de ce traité d'analyse comprend l'étude des boissons fermentées (bière, vin, cidre, poiré), de l'alcool, du vinaigre et de l'esprit de bois.

On y trouve exposées, comme dans les fascicules précédents, les méthodes les plus employées et les plus précises, pour les essais et analyses des différentes matières livrées par l'industrie et que l'on rencontre dans le commerce. Les traducteurs, MM. Chenu et Pellet, ont adapté l'ouvrage allemand aux besoins des chimistes français en adjoignant les différentes méthodes et règlements officiels prescrits en exécution de la loi de 1905 sur les fraudes.

Ce fascicule contient un supplément relatif aux matières céramiques.

Les turbines à vapeur, par F. CORDIER, chef d'escadron à la Section technique de l'Artillerie. — 1 vol. in-18 Jésus, cartonné toile, de 480 pages, avec 118 figures dans le texte, 5 fr. (O. Doyn et fils, éditeurs, Paris, 1910.)

Après avoir exposé les principes généraux applicables aux turbines à vapeur, l'auteur aborde l'étude théorique et pratique des turbines. Cette étude comprend d'abord une comparaison entre la turbine et la machine à piston et les méthodes et essais applicables aux turbines.

L'auteur décrit ensuite une série de turbines dues à différents constructeurs, en étudiant surtout celles qui peuvent être considérées comme des types. L'auteur n'a pas eu la prétention, en effet, dans un livre d'à peine 500 pages, de signaler toutes les turbines, il a voulu simplement étudier celles que l'on rencontre le plus souvent dans l'industrie française. Ce livre intéressera surtout les industriels, qui y trouveront traitées les principales questions d'une façon à la fois sommaire et précise, et c'est là le but que s'est proposé l'auteur, qui n'a pas visé à faire un ouvrage d'avant-garde, mais seulement à exposer la question des turbines dans l'état actuel de la science. On aurait peut-être pu souhaiter que la bibliographie fut plus documentée, mais tel qu'il est ce volume sera utilement consulté par les ingénieurs et les industriels. — P. V.

Aéro-Manuel 1911, par Ch. FAROUX et BERNARD. — 1 vol. in-8° de 604 pages, cartonné: 10 francs. (Dunod et Pinat, édit. Paris, 1911.)

Ce répertoire sportif, technique et commercial de l'aéronautique, constitue le document le plus complet au point de vue statistique et des renseignements d'ordre technique et industriel.

L'Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'année 1911. — 1 vol. in-16 de 750 pages, avec figures, 1 fr. 50. (Gauthier-Villars, éditeur, Paris, 1911.)

Ce recueil renferme tous les documents astronomiques, tableaux relatifs à la Métrologie, aux Monnaies, à la Géographie, à la Statistique et à la Météorologie, etc.

Le Gérant: E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imp., 1, rue Cassette.

La Technique Moderne

CHEMINS DE FER

DE LA RÉPÉTITION SUR LES LOCOMOTIVES DES SIGNAUX DE LA VOIE

En tête de tous les règlements d'exploitation des chemins de fer se trouve inscrit, en gros caractères, ce principe fondamental que les agents de tout grade, et notamment les mécaniciens, doivent *obéissance passive* aux signaux.

Or, pour qu'un ordre soit exécuté, il faut qu'il ait été : 1° donné; 2° reçu.

Il est donc indispensable, d'une part, que tout obstacle à la circulation d'un train provoque, soit automatiquement, soit par l'intervention d'un agent, l'émission d'un signal de couverture; d'autre part, que ce signal soit reçu par le mécanicien auquel il s'adresse.

Dans l'état actuel de l'exploitation des chemins de fer, la vigilance constante du mécanicien est l'unique garant de la réception du signal et le plus léger défaut d'attention peut avoir pour conséquence une collision fatale.

Si nous n'avons pas à en déplorer un plus grand nombre, c'est qu'en général les signaux sont adressés aux mécaniciens de points de la voie parfaitement connus d'eux, où sont implantés des mâts spéciaux et aux abords desquels ils doivent redoubler d'attention; ce n'est qu'exceptionnellement qu'on peut avoir à leur faire inopinément, d'un autre point de la voie, un signal à la main, et il est alors aisé de prescrire à l'agent chargé de présenter ce signal de poser en même temps sur le rail un pétard dont l'explosion rappellerait immédiatement à l'ordre un mécanicien inattentif. On peut d'ailleurs avoir recours au même expédient, en cas de brouillard, pour appuyer les indications de tous les signaux.

Mais les ingénieurs de chemins de fer les plus compétents sont encore loin d'être unanimes à admettre qu'il soit désirable, hors le cas de brouillard, d'appuyer par des pétards ou par tout autre moyen acoustique les indications des signaux portés par des mâts établis à poste fixe. Pour beaucoup de bons esprits, la nécessité d'observer attentivement la position de ces signaux reste la meilleure garantie que le mécanicien portera constamment son attention sur la partie de voie en vue, précaution qui demeure toujours indispensable pour éviter les accidents pouvant résulter soit d'un acte de malveillance, soit de la chute d'un bloc de rocher, d'un arbre, d'un poteau télégraphique, etc., soit encore du renversement d'une charrette sur un passage à niveau non gardé.

On a cherché à concilier partisans et adversaires de la répétition acoustique des signaux optiques, en réalisant l'enregistrement du signal sonore et en donnant au mécanicien le moyen de faire la preuve qu'il a aperçu le signal optique avant toute répétition acoustique. On arriverait ainsi à éviter que l'emploi de répéteurs ne risque d'éblouir l'attention des agents, mais cela au prix de l'installation, sur les machines, d'un véritable

mouchard automatique, que l'ingéniosité bien connue des mécaniciens ne tarderait sans doute pas longtemps à paralyser.

Quoi qu'il en soit, un grand réseau français, celui du Nord, a mis en service, sur toutes ses machines, depuis bientôt quarante ans, un sifflet électro-automoteur, dû à MM. Lartigue et Forest, qui retentit chaque fois qu'une locomotive passe devant un disque avancé fermé. Plusieurs Compagnies étrangères de chemins de fer poursuivent des essais à grande échelle en vue de réaliser le même effet. Sous l'impulsion du Ministère des Travaux publics, toutes nos administrations de chemins de fer ont mis la question à l'étude.

Le problème de la répétition acoustique des signaux fermés comporte deux ordres de solutions, suivant que l'on cherche à actionner le sifflet à vapeur de la locomotive, ou bien à provoquer l'explosion d'un pétard ou le hurlement d'une trompe de voie.

Les appareils de la seconde catégorie sont placés au pied des signaux fixes et basés sur l'emploi d'un *circuit de voie*, comprenant un relai alimenté par un ou deux éléments de pile et actionné au moment du passage du train sur un rail isolé. La longueur de ce rail doit être supérieure à l'écartement maximum de deux essieux consécutifs, afin de n'avoir qu'une émission de courant par passage de train.

Le fonctionnement du relai ferme un second circuit comprenant une batterie plus puissante et un récepteur : amorce électrique, trompe électrique analogue à celles employées sur les automobiles ou électro à longue course (type Guénée), dont le noyau agit sur la détente d'une sorte de revolver.

Ces appareils ont l'inconvénient d'incommoder les riverains du chemin de fer parce que leurs détonations ou hurlements, nécessairement fugaces, doivent être très puissants. Aussi n'en a-t-on guère envisagé l'emploi que pour le cas de brouillard.

Considérons maintenant les appareils destinés à agir sur un sifflet à vapeur ou à air comprimé, placé sur la machine.

La soupape de celui-ci est maintenue appliquée sur son siège soit par un ressort, soit par un aimant permanent, soit par un aimant temporaire constitué par le noyau de fer doux d'une bobine parcourue par un courant électrique.

Pour obtenir, à un moment donné, l'ouverture de la soupape, il faudra, dans le premier cas, déclencher un ressort antagoniste plus puissant que celui qui la maintient appliquée sur son siège; dans le second cas, lancer un courant électrique dans des bobines entourant les pôles de l'aimant permanent; dans le troisième cas, interrompre mécaniquement ou électriquement le courant qui excite la bobine à noyau de fer doux.

PÉDALES ET PENDENTIFS.

Le déclenchement du ressort moteur d'un mécanisme porté par la machine, ou l'interruption mécanique d'un circuit électrique établi sur la locomotive s'obtient en agissant, à l'aide d'une pédale de voie, sur un levier ou pendentif adapté à la machine. La pédale doit nécessairement araser le gabarit de la voie, de

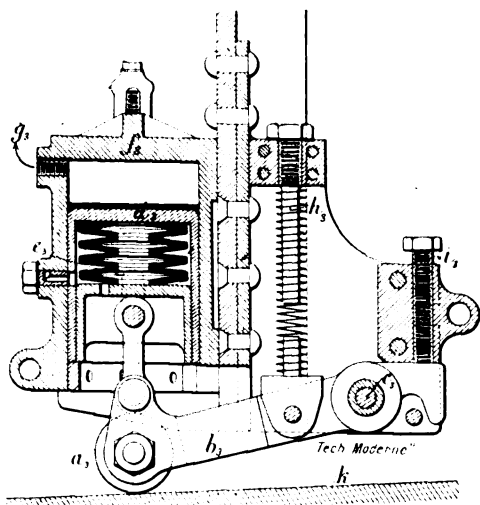


FIG. 1. — Transmission pneumatique P.-L.-M. (pendentif).

manière à n'être touchée par aucun des organes du matériel roulant autres que le pendentif. Celui-ci, fixé au châssis, doit faire, sur le gabarit du matériel roulant, une saillie suffisante pour toucher sûrement la pédale, et autant que possible aucun autre obstacle, quelles que soient les oscillations des ressorts de suspension, l'usure des bandages, etc.

Comme le pendentif est exposé à rencontrer sur la voie des tas de cendrées ou de scories plus ou moins dures, il risque d'être déplacé intempestivement. On a essayé de parer à cet inconvénient, soit en subordonnant le déclenchement du ressort à l'action *simultanée* de deux pendentifs placés de part et d'autre du rail, de manière à ce qu'il y ait le minimum de chances de rencontre simultanée avec un obstacle fortuit, soit en employant des leviers à galets d'un fonctionnement très dur et qui, par suite, disperseront les cendrées ou écarteront les obstacles fortuits. Il faut nécessairement se préoccuper d'amortir les effets du choc de tels pendentifs contre les pédales, ce qui conduit à donner à celles-ci plus de longueur et à munir les pendentifs de puissants ressorts amortisseurs (appareil à transmission pneumatique du P.-L.-M.) (fig. 1).

Les figures 2 et 3 représentent le dispositif à double pendentif de M. Van Braam. On voit que chacun des pendentifs *p*, *p'*

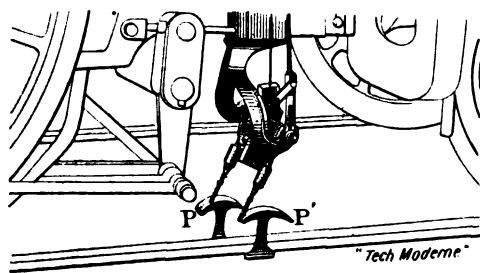


FIG. 2. — Double pendentif Van Braam.

Ce verrou se déplacera donc parallèlement à l'axe *xy*, en avançant dans le logement *d*, et comprimant un ressort antagoniste sous l'action duquel le pêne s'engagera de nouveau dans son logement *a*, dès que le pendentif sera revenu à sa position normale. Il s'ensuit que si un seul des deux pendentifs touche un obstacle quelconque, rien ne s'opposera à la rotation du manchon. Si, au contraire, les deux pendentifs viennent à toucher simultanément deux pédales disposées *ad hoc*, la rotation des deux manchons tendra à chasser simultanément les deux pénes

hors de leurs logements; le verrou *ac*, sollicité par deux forces égales et contraires, ne pourra se déplacer parallèlement à l'axe *xy* et sera forcément entraîné dans la rotation des manchons; comme il est entouré d'un fourreau claveté sur l'arbre *xy*, sa rotation déterminera nécessairement celle de cet arbre lui-même.

Des deux pédales *P* et *P'*, l'une est fixe; l'autre, mobile, est commandée par le signal à l'aide d'une transmission, de manière à rencontrer le pendentif correspondant lorsque le signal est fermé et à ne pas le rencontrer lorsque le signal est ouvert. La pédale est d'ailleurs équilibrée de manière à faire naturellement saillie en cas de mauvais fonctionnement de ladite transmission.

La figure 4 représente la pédale expérimentée sur le réseau P.-L.-M. : un contrepoids tend à

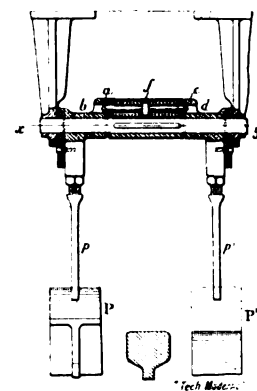
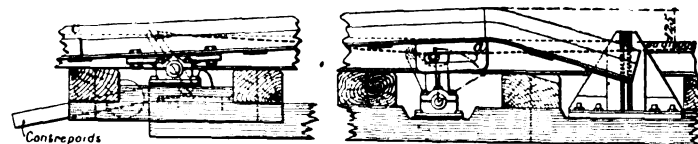
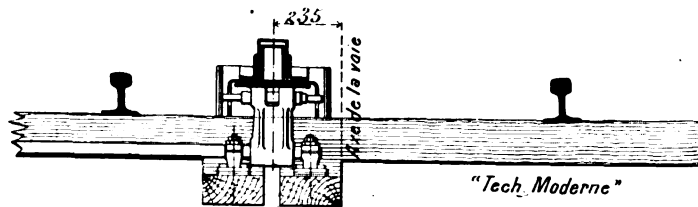


FIG. 3. — Double pendentif van Braam.



Élévation.



Coupe.

FIG. 4. — Pédale P.-L.-M.

la ramener dans la position de figure, tandis qu'une transmission commandée par l'ouverture du disque peut agir à la fois sur ce contrepoids, de manière à annuler son action, et sur un coulisseau *a*, dont le déplacement entraîne l'abaissement de la pédale, lequel est d'ailleurs facilité par un léger balourd de celle-ci.

La même Compagnie expérimente des pendentifs dont un échantillon est représenté par la figure 5.

Un levier *b* muni d'un galet *a* est mobile autour d'un axe *c*; il est maintenu abaissé, à l'aide d'un ressort, dans une position où le galet *a* fait, sur le gabarit du matériel roulant, une saillie suffisante pour rencontrer sûrement les pédales. Cette saillie est réglée par la vis *i*.

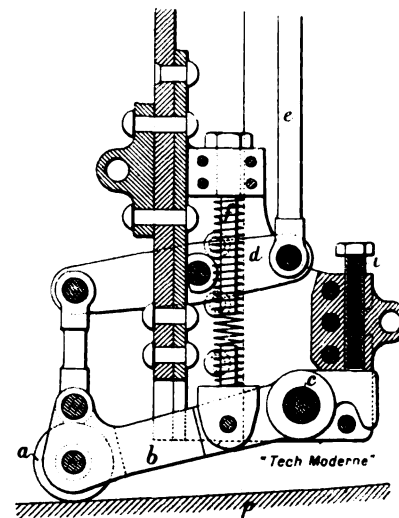


FIG. 5. — Transmission mécanique P.-L.-M.

BROSSES ET CROCODILES.

Lorsqu'il s'agit de lancer un courant électrique dans une bobine placée sur la locomotive, on a recours à une brosse à balais métalliques fixée non plus au châssis de la machine, mais aux boîtes à graisse, de manière à éviter les variations de cotes dues à la flexion des ressorts; le contact des balais avec un trottoir métallique isolé, installé sur la voie et relié par un fil métallique à un commutateur, assure la fermeture d'un circuit électrique, lorsque, par suite de la manœuvre de fermeture du disque, ce commutateur se trouve relié à l'un des pôles d'une pile dont l'autre est à la terre. La brosse recueille donc du courant lorsque le disque est fermé (fig. 6 et 7) et n'en recueille pas lorsqu'il est ouvert.

En employant un commutateur inverseur, représenté schématiquement par la figure 7, on peut même s'arranger pour que la brosse recueille un courant de sens déterminé, positif par

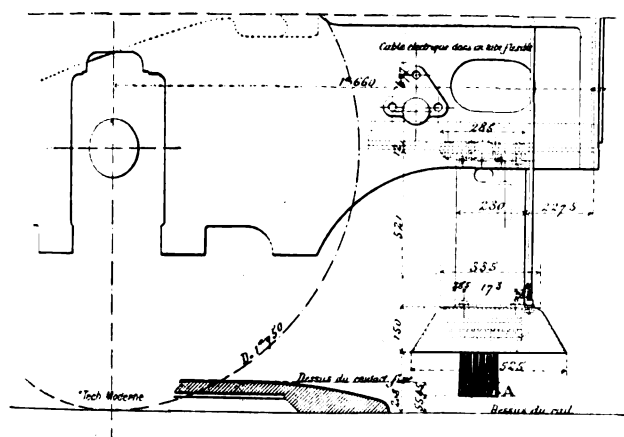


FIG. 6. — Brosse et crocodile.

exemple, lorsque le disque est fermé, et un courant de sens contraire lorsque le disque est ouvert.

Le frottoir employé par la Compagnie du Nord est constitué par une poutrelle de bois paraffiné, revêtue à sa partie supérieure d'une feuille de cuivre et précédée d'un avant-bec en bois formant plan incliné, pour atténuer l'effet du choc des brins de la brosse contre la poutrelle. Ces feuilles de cuivre brillent au soleil et la poutrelle offre alors l'aspect d'un saurien allongé sur la rive de quelque fleuve tropical, d'où le nom de « Crocodile » donné au dispositif par les mécaniciens et qui est devenu classique pour désigner un contact électrique de pleine voie.

Les brosses en service sur le réseau du Nord sont formées de brins métalliques en fil de bronze siliceux. On tend à leur substituer des brosses plus raides constituées par des lames d'acier fixées dans une double armature et formant ressort à lames étagées; le frottement sur les crocodiles peut être ainsi rendu aussi dur qu'on le veut et le contact électrique mieux assuré, même en cas de verglas.

On tend également à substituer aux crocodiles revêtus de feuilles de cuivre planes et se couvrant, par suite, facilement de verglas, des poutrelles d'acier, posées de champ, au nombre de deux, et entre lesquelles peuvent s'engager les brins de la brosse, qui frottent alors sur des surfaces verticales à arêtes vives au lieu de surfaces horizontales.

On pourrait sans doute employer, dans le même but, des fils

de fer ou de bronze tendus parallèlement sur des chevalets isolants.

Moyennant l'emploi de pédales et de pendentifs ou de brosses et de crocodiles, on peut donc déclencher sur la machine, soit le ressort d'un mécanisme, soit le ressort antagoniste de l'armature d'un aimant permanent ou temporaire.

Les appareils récepteurs peuvent donc se diviser en deux classes, suivant qu'ils sont électriques ou mécaniques. A ceux de la première classe, dont le prototype est le sifflet électro-automoteur de la Compagnie du Nord, on a fait le reproche de ne pas offrir une garantie suffisante de bon fonctionnement, parce que l'électricité serait une fée trop capricieuse pour qu'il soit sage de compter sur elle en cas de danger. A ceux de la seconde, on objecte que l'attelage de pédales aux disques surchargera très sensiblement les transmissions, surtout en hiver, et risquera, par suite, de paralyser le fonctionnement du disque lui-même.

Les électriciens ont répondu à l'objection en présentant, soit des appareils dont le fonctionnement est contrôlé à la rencontre de tous les signaux, que ceux-ci soient ouverts ou fermés, soit des appareils décelant automatiquement toute cause de non-fonctionnement; de leur côté, les inventeurs de dispositifs mécaniques ont proposé l'emploi de pédales équilibrées de manière à se mettre d'elles-mêmes dans la position correspondante à la voie fermée en cas de mauvais fonctionnement ou de non-fonctionnement du disque.

Ainsi, quoi qu'il arrive, les appareils ne pourraient donner qu'un signal intempestif de danger.

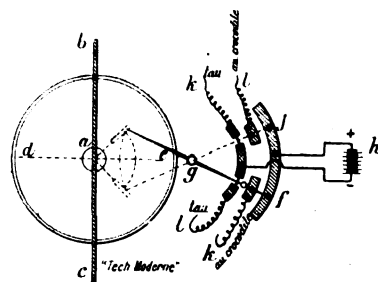


FIG. 7. — Commutateur inverseur.

Récepteurs électriques.

L'électro-aimant du type Hughes, c'est-à-dire à bobines entourant un noyau aimanté et non un simple noyau de fer doux, est un appareil d'une robustesse toute particulière, en même temps que d'un fonctionnement quasi instantané. Des expériences très précises effectuées en 1903, sous la direction de M. Estaunié, au Laboratoire de l'École supérieure des Télégraphes, à l'aide de l'oscillographe, ont démontré qu'il suffit d'un courant dont la durée ne dépasse pas $1/400$ de seconde pour que le décollage de l'armature se fasse franchement sous l'action d'un ressort antagoniste. Or, en $1/400$ de seconde, un train marchant à 120 km. à l'heure, soit 33 mètres à la seconde, parcourt $\frac{33 \text{ m.}}{400} = 0^m,08$.

La Compagnie du Nord a donné 2 à 3 mètres de longueur à ses crocodiles, ce qui assure au contact de la brosse une durée de vingt à trente fois supérieure au minimum nécessaire pour actionner l'électro-aimant Hughes.

(A suivre.)

J. NETTER,

Ancien Élève de l'École Polytechnique,
Capitaine du Génie en retraite.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE

ÉVOLUTION DE LA CHALEUR DANS LES TURBINES

Combien de fois a-t-il été répété que la machine à vapeur avait atteint son apogée et que l'avenir réserverait ses faveurs à d'autres moteurs plus économiques? Récemment, un journal anglais, l'*Evening News*, rapportant un écho de l'Amirauté anglaise, annonçait que l'on allait appliquer un moteur à explosions à un cuirassé en construction. Il est par conséquent d'actualité d'étudier la question⁽¹⁾, de rechercher si réellement les moteurs à vapeur, et en particulier les turbines dont le développement est maintenant considérable, se présentent en état d'infériorité économique par rapport aux moteurs à explosions.

Dans tout moteur, au moment même où l'action va commencer, on a à considérer un fluide, gaz ou vapeur, ou un mélange des deux, dont la masse kilogramme représente une certaine quantité de chaleur; la détente en transformera une partie en travail et le reste passera à l'échappement. Or, la chute de température $T_1 - T_2$ est d'autant plus grande que T_1 est élevé; on comprendra l'énorme avantage que possède le moteur à explosions ou à combustion pour lequel T_1 atteint 1 400 à 1 600° C., alors que pour la vapeur T_1 ne dépasse guère 350° C. Il suffirait donc d'augmenter la surchauffe pour que la vapeur rattrape son fluide concurrent et, à égalité de rendement, il ne serait pas nécessaire que la température de la vapeur atteigne celle des gaz, car la détente jusqu'au vide avantage la vapeur, et c'est précisément entre l'atmosphère et le condenseur que la cession de chaleur est la plus importante. Il n'y a pas de raisons valables, *a priori*, qui empêchent d'introduire, dans un cylindre de moteur, de la vapeur à haute température; quant aux turbines modernes, les constructeurs ont généralement adopté l'« action » pour la première partie de la détente; par conséquent la température à la valve d'admission pourrait être surélevée sans inconvénients. Quelques expériences de haute surchauffe ont démontré — comme la théorie l'indique du reste — que l'économie était manifeste. Seulement, avec les appareils surchauffeurs actuels, il n'est guère possible d'obtenir de grandes quantités de vapeur sans un encombrement.

Le procédé certainement le plus simple de surchauffer la vapeur consiste dans l'emploi de la chaudière mixte, dans laquelle les produits de la combustion à très haute température, 1 800°, échauffent, vaporisent et surchauffent la vapeur par contact et par mélange; il y a divers types connus de chaudières mixtes, celui par exemple appliqué à la turbine mixte à combustion⁽²⁾.

Puisque par ce procédé, nous avons le moyen d'élever la surchauffe de la vapeur, il va être intéressant de déterminer l'économie de la haute surchauffe, afin de voir si l'on peut atteindre le rendement des moteurs à explosions.

Avant de faire évoluer notre fluide dans la turbine, nous allons examiner comment s'opère, dans le générateur, l'échange de chaleur entre les gaz brûlés et la vapeur d'eau, puis nous déterminerons la composition du mélange à toutes températures. Rappelons brièvement que le pétrole, en brûlant dans l'air, élève la température à 1 800° C. (°) environ et, en admettant un excès

d'air de 20 %, sur la quantité théorique, les produits de la combustion se composent :

Azote.	77,5
CO ₂	16,5
H ₂ O	6,5

Avec les valeurs connues des chaleurs spécifiques à pression constante, nous déterminerons la chaleur spécifique de ces gaz brûlés :

$$C_p = 0,77 C_p \text{Az} + 0,165 C_p \text{CO}_2 + 0,065 C_p \text{H}_2\text{O} = 0,248 T + 0,000051 \frac{T^2}{2}$$

La chaleur contenue dans les gaz à 1 800° est donc :

$$Q = 0,248 \times 1\,800 + 0,000051 \frac{1\,800^2}{2}$$

Pour toute température inférieure t , on connaîtra la quantité de chaleur disponible pour vaporiser ou surchauffer une certaine quantité de vapeur à la température considérée. M. Barbezat a publié, dans le journal suisse *Schweizerische Bauzeitung*, les courbes, en fonction de la température, des calories contenues dans le kilogramme de gaz brûlés et celle des calories contenues dans le kilogramme de vapeur d'eau (fig. 1).

Les ordonnées, pour la vapeur d'eau, seront la somme de la chaleur de l'eau q , de

la chaleur latente de vaporisation r , et de la chaleur de surchauffe. Pour une température quelconque t , on aura :

$$Q = q + r + \int_{t_s}^t C_p dt, \text{ ou } \int_{t_s}^t C_p dt = 0,529 t + 0,000013 \frac{t^2}{2}$$

Connaissant donc, d'une part, les calories contenues dans un kilogramme de gaz brûlés à t' et, d'autre part, les calories contenues dans un kilogramme de vapeur d'eau à t' , il sera facile d'établir en pour-cent la composition du mélange gaz et vapeur pour une température fixée d'avance.

pour l'ébullition de l'eau fournissait l'inconnu de l'équation calorimétrique :

$$M_{\text{air}} \times C_p T - t = M_{\text{eau}} + M_2 C_2 \text{ serpentin Cu} + M_3 C_3 \text{ récipient Fe } \Delta t + W \text{ chaleur de rayonnement}$$

On obtenait ainsi la température des gaz, puis, en calculant la détente dans la tuyère, on déterminait la température avant détente.

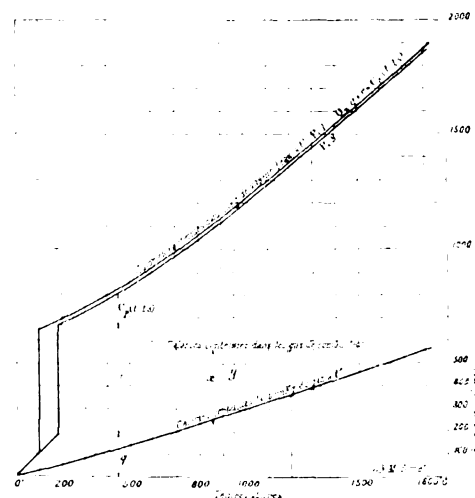


FIG. 1. — Chaleurs contenues dans la vapeur d'eau et dans les gaz de combustion en fonction des températures.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 3 (février 1909), p. 89; n° 6 (mai 1909), p. 252, t. III. Supplément du n° 2 (février 1911) 16^e conférence.

(2) Divers auteurs ont déjà traité ce sujet, citons notamment MM. Barbezat, Sekutowicz, M. Armengaud.

(3) La température de 1 800° C. environ a été mesurée et calculée en faisant passer un gaz de composition connue, après détente, dans un serpentín noyé dans une cuve remplie d'eau. Le temps compté

Ainsi, pour un mélange à 800° C. (fig. 1), x représente le nombre de calories perdues par le kilogramme de gaz passant de 1 800 à 800° C. et y représente le nombre de calories gagnées par 1 kg.

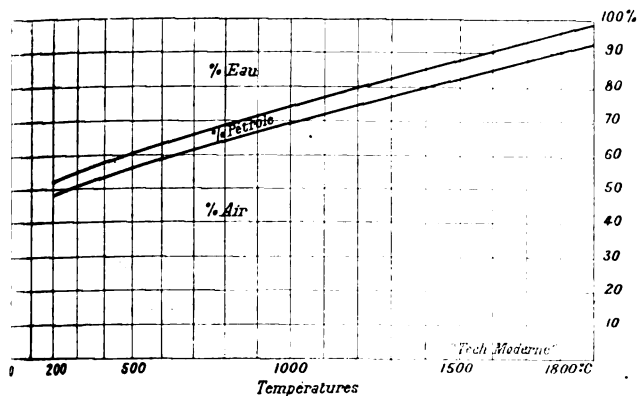


Fig. 2. — Composition du mélange, gaz et vapeur d'eau en air, pétrole et eau en fonction des températures.

d'eau passant de 0° à 800° C. On peut donc calculer le pour-cent en air, eau et pétrole que contient le kilogramme de mélange à toutes températures (fig. 2). Ces courbes sont applicables pour

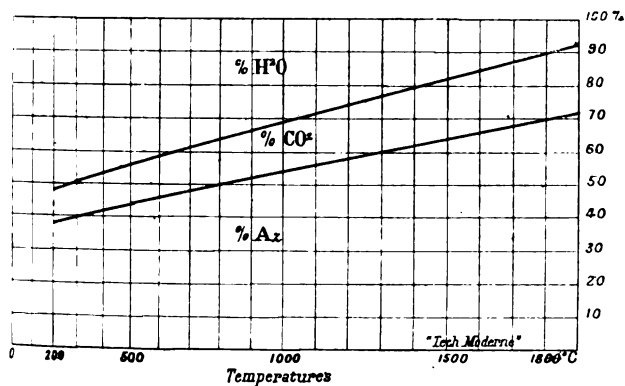


Fig. 3. — Composition du mélange gaz et vapeur d'eau, en azote, acide carbonique et eau en fonction des températures.

tous les cas de chaudières mixtes opérant par mélange. La figure 3 indique la composition du mélange de vapeur et de gaz brûlés et permet de tracer la courbe de la chaleur spécifique C_p et de la constante des gaz R (fig. 4); nous avons également tracé, pour la vapeur d'eau, les courbes de la chaleur spécifique sous pression constante, d'après les dernières expériences connues de Knoblauch et Jakob; nous avons extrapolé au delà de 500° C.

Puisque nous connaissons exactement le fluide que nous allons utiliser, plaçons-nous dans un cas pratique d'emploi et faisons évoluer notre

mélange dans une turbine dont la pression d'amont est de 1 kg./cm² absolu et la pression d'aval 0,05 kg./cm² et supposons que le fluide ait une température de 800° C. à la valve d'admis-

sion. La vapeur surchauffée se comportant comme un gaz parfait, la formule de Poisson lui est applicable.

Les températures et les pressions sont liées par :

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Nous aurons la température après détente par la formule :

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \frac{b}{a\gamma} (T_1 - T_2)$$

Rappelons que :

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}, \quad C_v = C_p - \frac{R}{425}$$

Pour déterminer C_p , reportons-nous aux figures 2 et 3 pour connaître la composition du mélange.

Avant combustion :

Air	69,3 %	Azote	57,0 %
Eau	26,75	CO ₂	11,7
Pétrole	3,95	H ₂ O	31,3

Après combustion et mélange :

$$C_p = 0,57 C_p \text{ Az} + 0,117 C_p \text{ CO}_2 + 0,313 C_p \text{ H}_2\text{O} = 0,308 + 0,000072$$

$$R = 0,57 \times 30,1 + 0,117 \times 19,2 + 0,313 \times 46,9 = 34,1$$

$$C_v = 0,308 - \frac{34,1}{425} = 0,2276, \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,353$$

$$\frac{\gamma-1}{\gamma} = 0,26, \quad \frac{b}{a\gamma} = 0,234$$

$$T_2 = 1073 \left(\frac{0,05}{1}\right)^{0,26} = 2,7 \times 0,334 T_1 - T_2 = 403^\circ \text{ abs., soit } 130^\circ \text{ C.}$$

Calories contenues dans le kg. de fluide avant détente :

$$0,308 \times 1073 + 0,000072 \frac{1073^2}{2} = 372 \text{ cal. 5}$$

Calories contenues dans le kg. de fluide après détente :

$$0,308 \times 403 + 0,000072 \frac{403^2}{2} = 130 \text{ cal.}$$

Chute de chaleur théorique 242 cal. 5

Il y a maintenant à faire état des pertes de chaleur dans la turbine pour déterminer le rendement thermique, qui est le rapport de la chaleur réellement transformée en travail à la chaleur introduite dans la machine sous forme de combustible.

Entre la chute théorique de chaleur et la chute effective, il y a un certain nombre de pertes que nous allons examiner succinctement, quitte à revenir sur cette question complexe, une autre fois. Dans les turbines, la détente s'opère en un certain nombre de phases, variable selon le type; dans les turbines Brown, Boveri, Parsons, il y a une cinquantaine d'étages de pression et dans le type Zœlly, six étages environ. Le passage de la vapeur dans les distributeurs et récepteurs est très rapide et la détente est sensiblement adiabatique; les parois sont isolées soigneusement pour intercepter les pertes par rayonnement. Les frottements seuls sont appréciables; ils produisent un réchauffage de la vapeur, auquel vient contribuer le frottement des roues ou du rotor et des aubes vides dans la vapeur ambiante. La température finale, après détente, se trouve remontée de 8 à 10%. Les aubages récepteurs, d'autre part, sont de mauvais transformateurs; une fraction de l'énergie cinétique sort perdue de l'aubage; la perte atteint 20% environ; les autres pertes comprennent le manque d'étanchéité des joints et les frottements des paliers. La somme des pertes varie donc de 30 à 50%, suivant l'importance des machines.

En nous plaçant dans les conditions d'une turbine moderne dont le rendement mécanique atteint 70%, la chute de chaleur effective sera :

$$Q = 242,5 \times 0,70 = 169 \text{ cal. 75.}$$

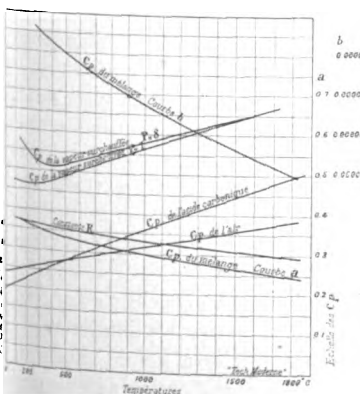


Fig. 4. — Variations des chaleurs spécifiques C_p et de la constante R en fonction des températures.

Nous aurons encore à retrancher le travail dépensé pour la compression préalable à 4 kg./cm² absolu de 69,3 % d'air composant notre mélange.

Utilisons la compression isothermique et appliquons un rendement de 75 % au compresseur; les calories dépensées seront :

$$Q = \frac{P_0 V_0}{A \times 0,75} \log \frac{P}{P_0} = 2,3026 = 31 \text{ calories,}$$

et les calories réellement transformées en travail par kilogramme de mélange :

$$169,75 - 31 = 138,75.$$

D'après la composition de notre mélange, les calories introduites sous forme de pétrole à 11 000 calories :

$$11\,000 \times 39 \text{ gr. } 5 = 434 \text{ cal. } 5.$$

Le rendement thermique dans ce cas sera donc de :

$$\frac{138,75}{434,5} = 32 \text{ } \%$$

Ce rendement, très favorable pour ce cas pris à titre d'exemple, montre péremptoirement que l'économie de la turbine repose sur

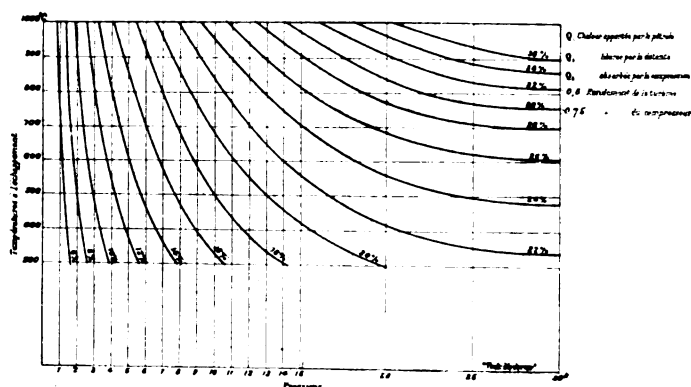


FIG. 5. — Courbes d'égal rendement de la turbine mixte en fonction des pressions et des températures.

la haute surchauffe; l'emploi du générateur mixte lui permettra sans doute d'atteindre ce but, sinon de suite, en tous cas sûrement, par étapes⁽¹⁾.

Reportons-nous maintenant au moteur à combustion genre Diesel et calculons son rendement avec la même méthode. Fixons la température de combustion à 1 400° C., la pression maxima à 40 kg./cm² et la détente jusqu'à la pression atmosphérique.

La température après détente est donnée par :

$$T = T_0 \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = e^{\frac{a\gamma}{b}} (T_0 - T_1)$$

(1) Nous avons calculé, avec la même méthode, les courbes d'égal rendement thermique en fonction des températures d'échappement et des pressions (fig. 5).

La formule des courbes :

$$Q = \frac{Q_1 \times 0,6 - \frac{Q_3}{0,75}}{Q_1}$$

Q_1 , Chaleur apportée par le pétrole ;

Q_2 , Chaleur libérée par la détente ;

Q_3 , Chaleur dépensée par le compresseur ;

Rendement de la turbine : 0,6 ;

Rendement du compresseur : 0,75.

$$Cp = 0,72 Cp \text{ Az} + 0,20 Cp \text{ CO}_2 + 0,08 Cp \text{ H}_2\text{O} = 0,2437 + 0,000054,$$

$$R = 0,73 \times 30,1 + 0,20 \times 19,2 + 0,08 \times 46,9 = 29,5,$$

$$Cv = 0,2437 - \frac{29,5}{42,5} = 0,1742. \quad \gamma = \frac{0,2437}{0,1742} = 1,392.$$

$$\frac{\gamma-1}{\gamma} = 0,282. \quad \frac{a\gamma}{b} = 0,243.$$

$$T = T_0 \left(\frac{1}{40} \right)^{0,282} = 2,7^{0,243} (T_0 - T_1) = 743^\circ \text{ absolus.}$$

Calories contenues avant détente dans le kg. de

$$\text{gaz} = 0,2437 \times 1\,673 + 0,000054 \frac{1\,673^2}{2} = 482,5$$

Calories contenues après détente dans le kg. de

$$\text{gaz} = 0,2437 \times 743 + 0,000054 \frac{743^2}{2} = 196$$

Calories libérées. 286,5 (1)

Le rendement mécanique est de 85 % environ ;

La chute de chaleur effective sera de 244 calories.

Évaluons le travail dépensé pour comprimer 96 % d'air à la pression de 40 kg./cm²; c'est la compression adiabatique qui est recherchée, car la chaleur de compression est nécessaire pour l'auto-allumage du pétrole et cette chaleur de compression évolue dans le cycle :

$$T = 0,96 \times 425 (T - T_0) Cp = 154 \text{ calories.}$$

Calories réellement transformées en travail par kilogramme de gaz :

$$244 - 154 = 90 \text{ calories.}$$

La compression préalable a élevé la température à 600° C. environ, le pétrole n'a contribué qu'à élever, par conséquent, la température des gaz de 600 à 1 400° C.

Les calories introduites sous forme de pétrole se déduisent ainsi :

$$\text{Calories à } 1\,400^\circ \text{C.} \dots\dots\dots 482 \text{ cal. } 5$$

$$\text{Calories à } 600^\circ \text{C.} : 0,2437 \times 873 + 0,000054 \frac{873^2}{2} = 232 \text{ cal. } 5$$

Soit en pétrole. 250 cal.

Le rendement thermique sera donc de $\frac{90}{250} = 36 \text{ } \%$.

Ce rendement de 36 % est celui qui correspond aux meilleurs moteurs Diesel, consommant 175 grammes de pétrole par cheval-heure.

Cette décomposition de la chaleur a l'avantage de mettre en évidence le rendement massique du moteur, c'est-à-dire le nombre de calories réellement transformées en travail par kilogramme de gaz, évoluant dans le cycle, et on peut ainsi remarquer la situation inférieure du moteur Diesel à cet égard, qui reste un moteur robuste et pesant, mais économique. Quant à la turbine, elle se trouve en meilleure posture en transformant réellement en travail, dans ces conditions, 139,5 calories par kilogramme de fluide.

De cette étude, on doit logiquement conclure qu'au point de vue économie, la turbine à vapeur est susceptible de progrès, et que, contrairement aux préjugés, elle a devant elle un avenir favorable. C'est une question de chaudière et de résistance de matériaux.

Ch. LEMALE,
Ingénieur civil.

(1) La température finale doit être plus basse puisqu'il y a une fuite de chaleur à travers la paroi, mais cela compliquerait les calculs, sans résultat bien appréciable, si l'on en tenait compte.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE

DE L'ÉQUILIBRAGE DES ORGANES MÉCANIQUES⁽¹⁾

(Suite et fin.)

Appareils à galets égaux et chevauchés. — Dans ces appareils, si on cherche à donner à la fraction :

$$\frac{2 \sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \gamma}$$

la valeur minimum, on voit que ce résultat est obtenu pour $\gamma=0$, $\frac{\gamma}{2}=0$, mais, dans ce cas, la fraction prend la valeur :

$$\frac{2 \sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \gamma} = 0.$$

Cette fraction symbolise l'indétermination, et si l'on cherche à l'interpréter on voit que, pour la réaliser, il faut que les deux axes des deux galets se confondent, et que l'axe de la pièce soit placé dans le plan vertical de l'axe commun des deux galets, mais alors l'équilibre du système est totalement instable et l'appareil est inutilisable.

En pratique on prend, afin d'avoir une bonne stabilité :

$$\gamma = 60^\circ, \quad \frac{\gamma}{2} = 30^\circ;$$

si nous portons ces valeurs de γ dans la fraction, nous trouvons :

$$\frac{2 \sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \gamma} = \frac{2 \times 0,5}{0,866} = 1,154.$$

Dans ce cas, il faut que l'écartement des disques soit égal à la somme des rayons de l'axe de la pièce et des disques, ce qui

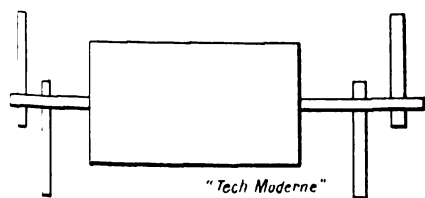


Fig. 25.

nécessite un écartement réglable des disques suivant le diamètre des axes des pièces à équilibrer. Ici se place une difficulté pratique de réalisation de l'appareil (fig. 25) : ces galets sup-

portent toute la charge et doivent être mobiles avec une précision rigoureuse, car la pièce repose sur quatre galets et les quatre points doivent rester mathématiquement en ligne droite, faute de quoi des coincements se produisent et la sensibilité de l'appareil disparaît totalement.

Avec ces appareils, le balourd minimum pour obtenir des indications est :

$$p = P \cdot \frac{r'}{r} \cdot \frac{2 \sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \gamma} \left[f' + f \frac{r'}{r_i} \right]$$

ou :

$$p = P \frac{r'}{r} \left[f' + f \frac{r'}{r_i} \right] \frac{2 \sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \gamma} = P \frac{r'}{r} \left[f' + f \frac{r'}{r_i} \right] 1,154.$$

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 11, p. 611 ; n° 12, p. 662, et t. III (1911), n° 1, p. 16.

Appareils à repos normal. — Les premiers appareils basés sur ce principe ont comporté deux systèmes de trois galets chacun, les deux galets *a* et *b* (fig. 26) étant réglables en hauteur et en écartement suivant le diamètre de l'axe de la pièce à équilibrer.

Ici, nous avons pour valeur du balourd minimum accusé par l'appareil :

$$p = \frac{P}{r} \left[f' r' + f \frac{r'}{r_i} \right].$$

Cette valeur est théoriquement inférieure à celle obtenue dans l'appareil précédent quel que soit γ ; mais ici les difficultés d'ordre mécanique croissent d'une manière étonnante :

nous devons obtenir simultanément six points de contact sur un même cylindre tout en maintenant ce cylindre parallèle aux axes des galets de roulement. Les galets supérieurs doivent être mobiles pour que l'appareil puisse admettre tous les diamètres d'axes de pièces, mais il faut obtenir leur réglage absolument précis, car s'ils sont trop serrés, il en résulte des résistances énormes au roulement de l'axe de la pièce sur ses supports ; s'ils sont trop

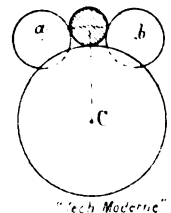


Fig. 26.

écartés, l'axe se met de biais sur ses supports, il coince, et voici encore la sensibilité de l'appareil réduite de beaucoup ; en un mot, on est dans l'impossibilité d'équilibrer avec certitude une pièce, en se donnant une limite de tolérance, car on ne connaît jamais le coefficient de sensibilité de l'appareil, au moment où on l'emploie.

Appareil à simple repos et à deux lignes de contact. — Tout dernièrement, MM. Jost et Cie ont établi un appareil qui en principe dérive des appareils à galets chevauchés, tout en étant très voisin des appareils à simple repos à trois lignes de contact que nous venons de décrire. Cet appareil, extrêmement simple, présente une très grande sensibilité et une régularité d'indications que nous allons expliquer (fig. 27 à 30).

Ici, la pièce est placée sur deux systèmes composés chacun de deux galets, dont l'un, très grand, sert de chemin de roulement proprement dit, et l'autre ne sert que de butée circulaire, car la caractéristique de cet appareil réside en ce que la pièce repose sur le grand galet ou plateau, aussi près que possible de la verticale passant par l'axe de ce plateau. Il en résulte que

l'écart angulaire α entre la verticale du centre de la pièce et le rayon de contact est aussi faible que possible. De plus, la position du galet de butée est réglée de façon que les deux rayons de contact soient rectangulaires :

$$\gamma = 90^\circ.$$

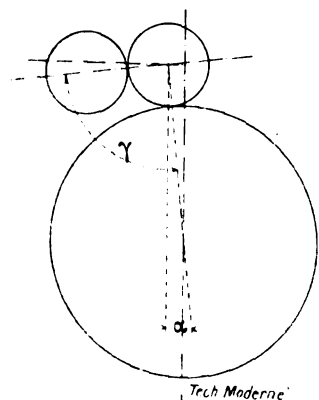


Fig. 27.

Si nous appliquons à cet appareil la formule générale des appareils à galets, nous trouvons :

$$\frac{p}{P} = \frac{r'}{r} \left(f' + f \frac{r'_1}{r_1} \right) \frac{\sin \alpha + \sin (\gamma - \alpha)}{\sin \gamma};$$

mais $\gamma = 90^\circ$; d'où :

$$\frac{p}{P} = \frac{r'}{r} \left(f' + f \frac{r'_1}{r_1} \right) \frac{\sin \alpha + \cos \alpha}{1}.$$

Dans cette formule, on cherche à rendre le deuxième membre aussi faible que possible, en agissant sur les termes dont on est maître.

r' , rayon de l'axe de la pièce, est souvent invariable, mais on devra le faire aussi petit que possible.

f' , est le coefficient de frottement de roulement sur les galets; on le rend aussi faible que possible, en faisant les galets en acier trempé ou en fonte dure.

f , coefficient de frottement de roulement des galets sur leurs axes, est affaibli autant que possible par l'emploi de roulements à billes perfectionnés.

r'_1 , rayon de l'axe du plateau de l'appareil, devra être aussi très réduit.

r_1 , rayon du plateau lui-même, sera au contraire pris très grand.

Reste enfin le dernier facteur :

$$\sin \alpha + \cos \alpha;$$

nous savons que ce facteur présente son minimum pour :

$$\alpha = 0.$$

alors :

$$\sin \alpha + \cos \alpha = 1.$$

Mais dans ce cas, la pièce se trouve en équilibre instable, on devra donc se contenter d'approcher le plus possible de cette valeur, sans pour cela l'atteindre; c'est ce qu'ont fait MM. Jost et C^{ie} qui, dans leurs appareils qu'ils dénomment « équilibreuse », ont adopté pour les pièces :

de 0 à 3 mètres de diamètre $\alpha = 30'$,

de 3 mètres et au-dessus $\alpha = 1^\circ$;

le terme trigonométrique prend par suite les valeurs :

$$\sin 30' + \cos 30' = 0,009 + 1 = 1,009$$

et :

$$\sin 1^\circ + \cos 1^\circ = 0,017 + 1 = 1,017.$$

Dans ces conditions, la pièce est absolument stable, le contact se fait sur deux lignes, sans coincement, sans serrage possible. Pour éviter toute fausse manœuvre, toute chute de pièce, on met en avant de la pièce, du côté opposé au galet de butée, une butée de sécurité qui ne touche pas à la pièce, mais empêche sa chute.

Les galets de butée sont facilement réglables suivant les diamètres des axes des pièces, car la loi de leur déplacement est fort simple (une droite inclinée à 45° sur la verticale du centre du plateau).

Cet appareil, d'un emploi beaucoup plus commode que l'appareil à trois galets, est beaucoup plus facile à régler, moins délicat et presque aussi précis, puisque leurs sensibilités, à construction égale, sont dans le rapport de :

$$\frac{1}{1,009} = 0,99108.$$

Tandis que, par comparaison, cet appareil est bien plus sensible que l'appareil à galets chevauchés employé généralement,

ce dernier, à construction égale, ne donne qu'une sensibilité relative de :

$$\frac{1,009}{1,154} = 0,87436$$

par rapport à l'équilibreuse, et de :

$$\frac{1}{1,154} = 0,8665$$

par rapport à l'appareil à trois galets dont nous avons reconnu les grandes difficultés d'emploi.

Mais il est une manière plus frappante encore de mettre en évidence les qualités des divers appareils, et en particulier de l'appareil à galets chevauchés et de l'équilibreuse Jost, qui, en résumé, sont les deux appareils les plus commodes et les plus employés, quoique de sensibilité tout à fait différente. Nous n'avons qu'à prendre une application bien définie : par exemple

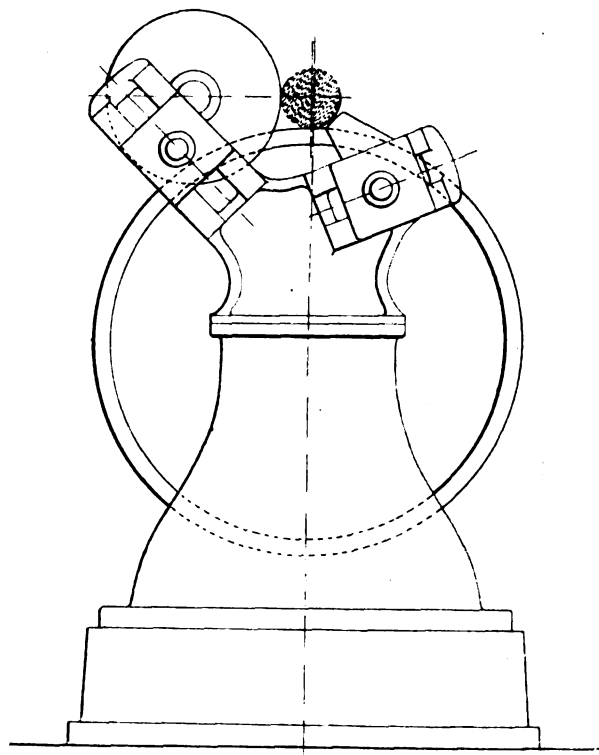


FIG. 28. — Schéma de l'équilibreuse de MM. Jost et C^{ie}.

l'équilibrage d'hélices motrices d'aéroplanes pesant 15 kg., mesurant 2^m,500 de diamètre maximum et tournant à 1 400 tours par minute.

Si pour cet usage nous construisons deux appareils identiques, ayant les mêmes dimensions, mêmes natures de métaux, mêmes résistances passives, nous aurons dans chacun de ces deux appareils :

$$(1) \text{ Galets chevauchés } pr = Pr' \left(f' + f \frac{r'_1}{r_1} \right) \frac{2 \sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \gamma};$$

$$(2) \text{ Equilibreuse Jost } pr = Pr' \left(f' + f \frac{r'_1}{r_1} \right) \frac{\sin (\gamma - \alpha) + \sin \alpha}{\sin \gamma}.$$

Dans ces deux appareils, nous réalisons une identité de construction qui nous permet de poser :

$$(1') \quad pr = P \times K \frac{2 \sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \gamma}$$

$$(2') \quad pr = P \times K \frac{\sin \alpha + \sin (\gamma - \alpha)}{\sin \gamma} = PK (\sin \alpha + \cos \alpha).$$

Dans une série d'expériences, nous déterminons la valeur du coefficient K qui, pour les appareils considérés, est :

$$K = 0,035.$$

Dans ces conditions, par suite de la différence de sensibilité des deux appareils, si nous équilibrons une hélice sur le premier appareil, et que nous la portions ensuite sur le second, alors qu'on la croyait équilibrée, ce dernier appareil, l'équilibreuse Jost en l'espèce, indiquera un balourd insoupçonné et pourtant existant qui a pour valeur :

$$\pi p = M = P \times K \left[\frac{2 \sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \gamma} - (\sin \alpha + \cos \alpha) \right];$$

or, nous avons vu précédemment quelles sont les valeurs limites pratiques des termes trigonométriques; de là :

$$\pi p = PK (1,154 - 1,009) = PK \times 0,145$$

enfin :

$$\pi p = 15 \times 0,035 \times 0,145 = 0,076125 \text{ kgm.}$$

si nous voulons équilibrer la pièce, par exemple, en plaçant une

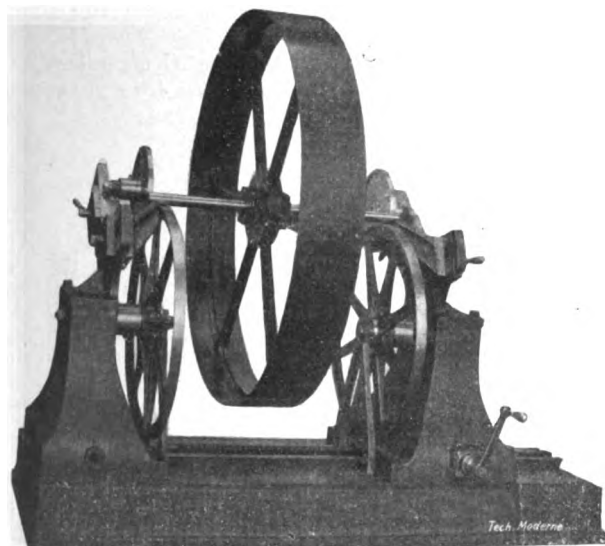


FIG. 29. — Equilibreuse Jost et Cie. Modèle pour pièces lourdes et longues.

masse additionnelle sur le rayon maximum, soit 1^m,250, cette masse devra être de :

$$p = \frac{0,076125}{1,250} = 0 \text{ kg. } 0609.$$

Et ce balourd que n'avait pas décelé l'appareil à deux galets chevauchés, eût produit, lors de la mise en marche de l'appareil, un effet centrifuge qui, d'après la formule de Poncelet, aurait été de :

$$f = \frac{Pn^2 D}{1789} = \frac{0 \text{ kg. } 0609 \times 1400^2 \times 2^m,50}{1789},$$

ou $F = 166 \text{ kg. } 802.$

Ainsi donc, voici une pièce qui était supposée équilibrée et qui pourtant aurait fait subir à l'axe la supportant, un effort anormal imprévu de 166 kg. 800, lequel aurait certainement compromis la durée, la solidité de l'appareil, en l'espèce un aéroplane.

Mais, de plus, les constructeurs de cette équilibreuse ont perfectionné notablement leurs roulements, et ont obtenu tout récemment des machines dans lesquelles la valeur du coefficient K a pu être réduite à :

$$K = 0,0004$$

pour des appareils destinés à recevoir des pièces pesant jusqu'à 1.500 kg. (fig. 29).

Avec ces appareils, la mesure des balourds se fait d'une façon très aisée et très précise. On peut, pour une pièce quelconque, après l'avoir placée sur l'équilibreuse, la laisser prendre sa position d'équilibre; la génératrice lourde vient alors occuper la position la plus basse, on note la génératrice opposée, qui est la génératrice légère, et on amène cette dernière dans le plan horizontal de l'axe, puis on la charge soit au moyen de pinces tarées, soit plus simplement au moyen de mastic lourd, mastic de minium par exemple; on mesure le rayon du centre de gravité de ces masses additionnelles lorsque l'équilibre indifférent de la pièce

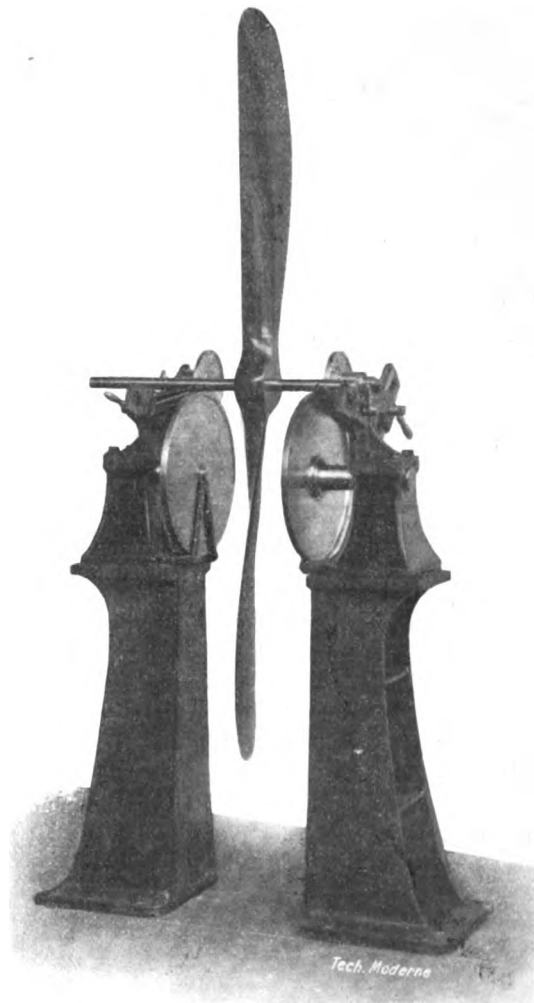


FIG. 30. — Equilibreuse Jost et Cie. Modèle pour pièces légères.

est obtenu, et si r_1 est le rayon de p_1 , le poids ajouté, et que r et p soient les constantes du balourd, on aura :

$$p_1 r_1 = p r;$$

mais, souvent, on ne peut mettre les masses définitives qu'en des endroits déterminés par la construction même de la pièce; soit r' le rayon qui correspond à ces emplacements; on en déduit :

$$p' = \frac{p_1 r_1}{r'}.$$

Un procédé très simple et très précis pour déterminer p , r , consiste à employer une ficelle solide, à laquelle on fait faire un tour mort autour de la pièce supposée circulaire (induit, poulie,

**

rotor, volant), et portant à un bout un plateau de balance et à l'autre un contrepoids équilibrant exactement le plateau vide; on amène toujours la génératrice légère dans le plan horizontal de l'axe et du côté du plateau, que l'on charge jusqu'à l'arrêt du système.

A ce moment, on a une valeur très exacte de p_i et r_i . De plus, les points de tangence de la ficelle donnent très exactement et immédiatement : d'un côté, la génératrice légère, et de l'autre, la génératrice lourde; de plus, p_i est donné de suite en poids marqué, ce qui évite une pesée supplémentaire.

On peut même, après équilibrage définitif de la pièce, avoir une idée du balourd qui peut subsister et que l'appareil n'est plus capable d'indiquer, car ce balourd correspond aux résistances passives de l'appareil. Si donc on charge la génératrice légère jusqu'à faire démarrer la pièce, et que, enlevant cette masse après l'avoir évaluée, on charge alors la génératrice lourde (ou mieux l'ancienne génératrice lourde) jusqu'à obtenir le même résultat, puis que l'on pèse cette nouvelle masse, on doit avoir ainsi deux masses égales si l'équilibrage est bien fait, et ces masses ont un poids égal à la limite de sensibilité de l'appareil.

MM. Jost et C^e ont ainsi constaté sur leurs équilibreuses, pour des pièces pesant 850 kg. et mesurant 500 mm. de diamètre extérieur, que cette masse était de 30 grammes sur un rayon de 250 mm.; cela donne une idée de la sensibilité obtenue.

Conclusion.

En résumé, avec des appareils aussi précis, on obtient très rapidement un équilibrage statique pratiquement parfait. Si donc on peut établir la construction des organes qui demandent un équilibrage de telle sorte qu'ils soient constitués d'éléments juxtaposés, d'épaisseur faible comparativement à leur diamètre, éléments faciles à équilibrer statiquement et dont l'équilibrage statique est fort voisin de l'équilibrage dynamique, on pourra obtenir, par équilibrage statique, des appareils qui seront très près d'être en équilibre dynamique. Ceci s'obtient très bien, par exemple, pour les turbines à vapeur. Dans ces conditions, une simple vérification en marche permettra, sans danger, rapidement, de compter sur un équilibrage réel parfait.

Dans le cas des induits courts, l'équilibrage statique de l'induit débobiné, puis une vérification statique du même induit bobiné permettront, sur ces appareils très précis, d'obtenir un équilibrage total amplement satisfaisant en pratique.

Ceci nous permet de réhabiliter quelque peu l'équilibrage statique dont on a beaucoup médité... parce qu'on l'opérait mal, mais qui, en réalité, bien compris et fait sur des appareils sensibles, donne de bons résultats, et est en tous cas indispensable si l'on veut faire des vérifications dynamiques sans danger et rapidement.

R. FILLOCHE et Georges LÉVY,
Ingénieurs des Arts et Manufactures.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE

LA PANIFICATION ET LES PÉTRINS MÉCANIQUES ⁽¹⁾

(Suite.)

Pétrin « l'Eureka ». — Ce pétrin, du système Paulet et Michel (fig. 10), comporte une cuve tournante en bois et peut, au besoin, être actionné à la main à l'aide d'un volant et d'une manivelle.

L'organe pétrisseur est formé d'une série de palettes con-

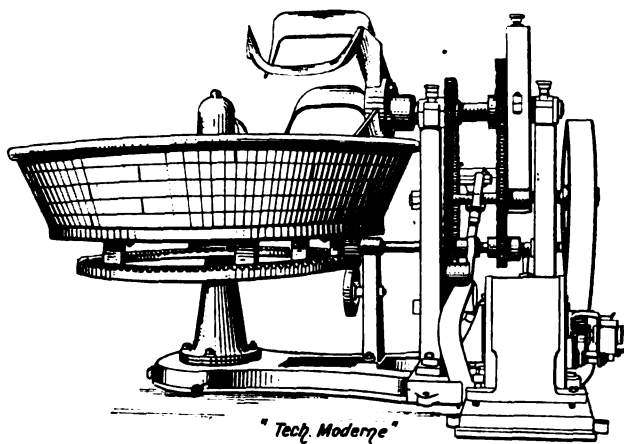


FIG. 10. — Pétrin « L'Eureka ».

tournées disposées sur un arbre qui lui transmet le mouvement.

La rotation de la cuve est assurée par une roue dentée hori-

zontale, placée au bas de la cuve et commandée par un pignon fixé à l'extrémité d'un arbre horizontal relié par une chaîne sans fin à l'axe portant le pétrisseur. L'arbre de commande reçoit son mouvement du moteur, par l'intermédiaire d'une courroie; il porte un pignon qui engrène avec la roue dentée dont est muni l'axe du pétrisseur.

3° PÉTRIN A FRASEUR TOURNANT DANS UN PLAN HORIZONTAL. —

Pétrin Bugaud. — Ce pétrin, désigné sous le nom de « second aide », se compose d'une cuve en bois, légèrement tronconique, mobile autour d'un axe vertical (fig. 11) et animée d'un mouvement de rotation. Cette cuve peut être folle autour de son axe ou embrayée à volonté.

Au centre de la cuve et suivant un rayon se trouve une palette fixe en fer plat q (fig. 12 et 13). Entre cette palette et la circonférence de la cuve et sur le même rayon tourne, dans un plan horizontal, le frasseur en fer plat h , ayant la forme d'un trapèze évidé dont le grand côté se trouve à la partie supérieure.

Sur le côté opposé de la cuve se trouve un racloir fixe r , en forme de versoir, dont on peut régler la position à volonté.

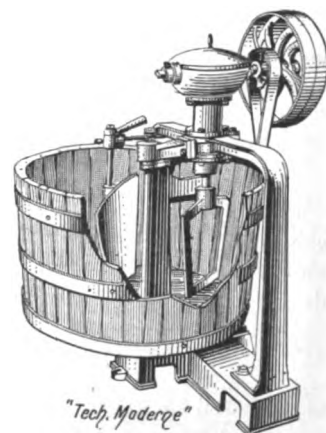


FIG. 11. — Pétrin Bugaud.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 9, p. 501, et n° 10, p. 556.

L'arête verticale de ce racloir ramasse la pâte sur la périphérie de la cuve pour la ramener vers le centre.

Le soufflage, indispensable pour la fermentation, est produit par le frasseur qui tourne à une vitesse relativement grande par rapport à celle de la cuve. Par suite de cette vitesse, la pâte est soulevée verticalement, produisant ainsi un vide dans le fond de cuve où l'air ainsi admis est emprisonné par la pâte qui retombe.

La pâte qui vient d'être travaillée par le frasseur a le temps de se reposer avant d'être reprise de nouveau, ce qui lui permet d'acquies toute son homogénéité et toute sa souplesse.

Le frasseur, monté sur un arbre vertical terminé par une roue dentée, est actionné par un pignon conique calé sur l'arbre de commande horizontal. Ce dernier est muni, en outre, d'une petite

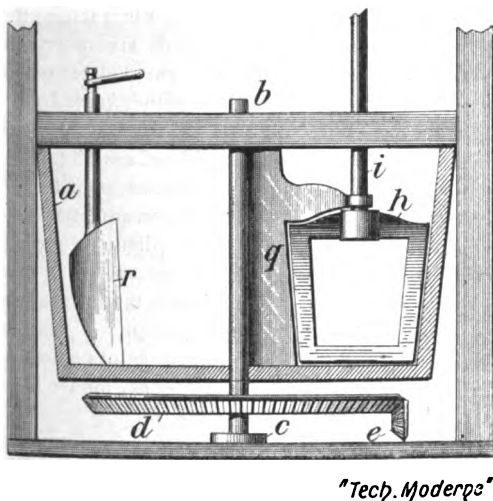
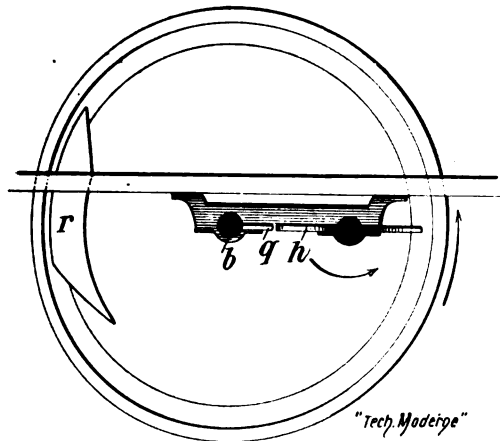


FIG. 12 et 13. — Détails du pétrin Bugaud.

poulie actionnant par courroie une autre poulie fixée à l'extrémité d'un arbre horizontal placé à la partie inférieure du bâti de la cuve; un embrayage à friction permet de rendre l'arbre solidaire d'un pignon conique engrenant avec une roue conique fixée en dessous de la cuve.

Pour préparer 172 kg. 75 de pâte ferme, il faut 11 minutes; la puissance mécanique moyenne dépensée est de 88 kgm. 11 par seconde, soit 1,17 cheval-vapeur.

Pétrin Bureau. — Ce pétrin, construit par M. Lotz fils, à Nantes, est constitué par une cuve circulaire en bois, de section trapézoïdale, montée sur un pivot vertical de manière à pouvoir la faire tourner à la main (fig. 14).

Au centre de cette cuve, se trouve fixée une pièce de bois de forme tronconique, dont la grande base se trouve à la partie inférieure.

Sur les montants du bâti supportant la cuve est disposée une traverse portant l'organe pétrisseur et l'arbre qui le commande.

L'organe pétrisseur est un cadre en fonte de forme trapézoïdale dont les côtés, disposés obliquement, sont munis de doigts. Ce cadre est porté par un arbre vertical, terminé à sa partie supérieure par une roue d'angle engrenant avec un pignon fixé sur l'arbre recevant son mouvement d'un moteur.

Les dimensions de l'organe pétrisseur sont telles que le cadre,

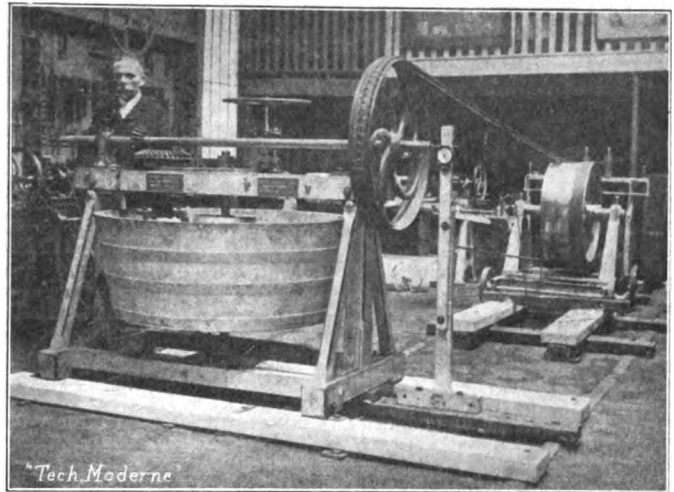


FIG. 14. — Pétrin Bureau.

dans son mouvement de rotation, a ses bords passant à très petite distance de la paroi de la cuve et de la pièce de bois fixée au milieu.

La cuve doit être animée d'un mouvement de rotation. Au commencement du pétrissage, il est nécessaire de la faire tourner à la main; mais, dès que la pâte a acquis une certaine consistance, la cuve tourne d'elle-même, par suite de la résistance que présente la pâte au mouvement de l'organe pétrisseur.

Pour préparer 172 kg. 75 de pâte ferme, il faut quinze minutes trente secondes; la puissance mécanique moyenne dépensée est de 31 kgm. 67 par seconde, soit 0,42 cheval-vapeur, et au maximum de 0,7 cheval-vapeur.

Pétrin Peter Küpper. — Ce pétrin (fig. 15) se compose d'une cuve cylindrique en fer étamé, mobile autour d'un pivot vertical, muni à sa partie inférieure d'un engrenage à denture droite permettant de la faire tourner à volonté dans un sens ou dans l'autre. A cet effet, la roue dentée, que porte le pivot, engrène, soit directement avec un pignon que porte l'arbre de commande, soit indirectement à l'aide d'une roue intermédiaire. Le pétrisseur tourne dans un plan horizontal; il est constitué par deux fers étamés contournés en portion d'hélice, l'un avec pas à droite, l'autre avec pas à gauche. Ils sont réunis à leur partie inférieure par une traverse en fer qui vient frôler le fond de la cuve; de même, une des portions d'hélice frôle la paroi verticale de la cuve.

La cuve est montée sur un chariot à trois roues maintenu dans la position de travail par deux crochets, fixés sur un arbre pourvu d'un levier à contrepoids.

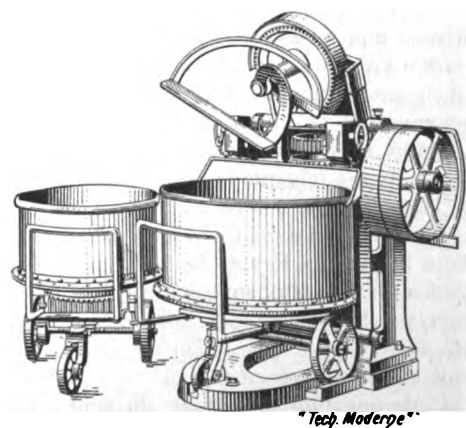


FIG. 15. — Pétrin Peter-Küpper.

Le pétrissage terminé, on retire le chariot et la cuve qu'il porte après avoir, au préalable, soulevé l'arbre qui porte le pétrisseur à l'aide d'une manivelle commandant un train d'engrenages et un secteur denté, mouvement de bascule facilité par deux contrepoids. Pendant le travail, la monture est maintenue abaissée par deux clavettes à poignée. Le pétrisseur agissant seulement sur une petite quantité de pâte dans la partie arrière de la cuve, la pâte déjà travaillée a le temps de se reposer.

La préparation de 172 kg. 75 de pâte ferme n'a exigé que six minutes; la puissance mécanique moyenne dépensée est de 95 kgm. 6 par seconde, soit 1,27 cheval-vapeur avec un maximum de 1,51 cheval-vapeur.

(A suivre.)

J.-A. MONTPELLIER,

Président de la Section du Jury des pétrins mécaniques à l'Exposition de Marseille.

TRAVAUX MARITIMES

LE DÉVELOPPEMENT DE LA CONSTRUCTION DES PONTS A TRANSBORDEUR POUR LA TRAVERSÉE DES PASSES MARITIMES ⁽¹⁾

(Suite.)

SUR L'ACTION DU VENT DANS LES PONTS A TRANSBORDEUR A TRÈS GRANDE PORTÉE. — Le principal obstacle qu'il faut vaincre avec sécurité lors de l'établissement du projet d'exécution d'un pont à transbordeur à très grande portée, est la poussée du vent soufflant en tempête. Cette même difficulté se présente d'ailleurs lorsqu'il s'agit de tout pont à grande portée pour route ou voie ferrée. Toutefois, dans les ponts à transbordeur, le tablier est toujours placé entre 45 et 50 mètres de hauteur au-dessus du plan d'eau; ils sont donc particulièrement élevés par rapport aux autres ponts.

On sait qu'après la catastrophe du pont de Dundee, sur le golfe de la Tay, en Écosse, où périrent quatre-vingts personnes, un Comité, institué par le gouvernement anglais, présenta un rapport relatif à l'évaluation de l'effort exercé par le vent sur les ponts métalliques.

Malgré les recherches faites de nos jours et qui ont éclairé une partie seulement des points inconnus et obscurs de l'action du vent sur les surfaces frappées, on s'en tient à la règle émise par le Comité dont nous avons parlé. On calcule les ouvrages métalliques comme devant résister au vent soufflant horizontalement à une pression de 270 kg. par mètre superficiel, le pont étant à vide; ou une pression de 170 kg. le pont étant en épreuve ou en service normal. C'est cette règle qui est appliquée dans tous les ouvrages et qui a donné de bons résultats.

On ne saurait trop se préoccuper de ce point important, dans les ouvrages tels que les ponts à transbordeur, dont les pylônes et le tablier sont à très grande hauteur. Il est, en effet, bien reconnu que l'intensité du vent est plus grande et plus régulière dans les parties hautes de l'atmosphère, puisqu'au voisinage du sol les filets gazeux sont contrariés dans leur déplacement, d'une part, par les aspérités du sol qui donnent naissance à des remous et, d'autre part, par l'effet de frein que le sol imprime à ces molécules en mouvement.

Cette question importante du vent conduit tout naturellement à distinguer, dans les ouvrages métalliques, deux catégories bien nettement définies où l'action du vent doit être interprétée de façon différente.

La première catégorie comprend : les ponts à poutres droites, ponts en arc..., etc., en général, tous ceux où le centre de poussée du vent, soufflant transversalement sur les surfaces offertes qui constituent l'ossature, est au-dessus des points d'appui. Ces ponts sont tous en équilibre instable.

La deuxième catégorie comprend tous les types de ponts sus-

pendus pour lesquels le centre de poussée est au-dessous des points de suspension. Ces ponts sont en équilibre stable. Du fait de l'action de la pesanteur, lorsque la pression du vent cessera, le tablier, qui peut être considéré par son union avec les câbles de la suspension comme constitué par la réunion d'une série de pendules élémentaires, reviendra à sa position primitive.

On en conclut donc que la nécessité d'un contreventement robuste est beaucoup moins utile pour cette catégorie de ponts; il peut même être supprimé pour les ponts à tablier très lourds.

Les sections à donner aux poutres de rive pour résister à la poussée du vent, n'ont donc pour but que d'éviter un travail trop important dans le métal qui les constitue, travail qui serait dû à la trop grande courbure de l'arc transversal que ces poutres décriraient si elles étaient trop flexibles dans un tablier léger.

Anciennement, dans les ponts suspendus, pour tenir compte de leur propriété d'être en équilibre stable, on admettait dans le calcul de leur contreventement cette règle empirique : que la pesanteur intervenait pour réduire aux $\frac{2}{3}$ de sa valeur la pression par mètre courant que le vent exerçait sur le tablier et sa suspension.

Pour tout esprit logique, il est évident, *a priori*, que cette règle empirique est profondément erronée et ne tient pas compte du principe essentiel simple sur lequel est fondée la stabilité de l'équilibre de cette catégorie de ponts.

Cet équilibre stable, dû à l'action de la pesanteur, doit varier nécessairement avec le poids par mètre courant du tablier envisagé et avec la hauteur du point de suspension des câbles au tablier. Ce sont, en effet, ces éléments qui constituent les facteurs déterminants des pendules élémentaires qui interviennent dans la stabilité de l'ouvrage.

L'étude des projets d'exécution des grands ponts cités plus haut nous a conduit à la détermination rigoureuse d'une méthode tenant compte, dans les ponts suspendus, de l'action antagoniste de la pesanteur à celle du vent.

Cette méthode n'est, en somme, que la traduction en une formule du fait qui se passe réellement, et que nous avons d'ailleurs observé pratiquement dans des ponts à grande portée comme la passerelle de la Roche-Bernard, de 198 mètres d'ouverture. Dans cette passerelle, sous la poussée du vent, le tablier décrivait dans ses poutres de rive des arcs paraboliques dont la flèche atteignait jusqu'à 2^m,50 quand le vent soufflait en tempête transversalement à l'axe du pont.

Sous la poussée du vent, qui est constante par mètre courant (la surface au vent étant pour ainsi dire partout la même), les poutres de rive en se déformant décrivent, transversalement à l'axe du pont, des arcs de parabole du second degré.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 1, p. 1.

Soit t le travail que subira le métal qui constitue ces poutres ;

on admettra que ce travail est le même dans les poutres au vent et sous le vent, l'écart dû à la diminution de la section par les trous de rivets étant peu important.

Si l'on désigne par (fig. 19) :

$d(f)$, la flèche horizontale des arcs paraboliques décrits par les poutres de rive sous la poussée du

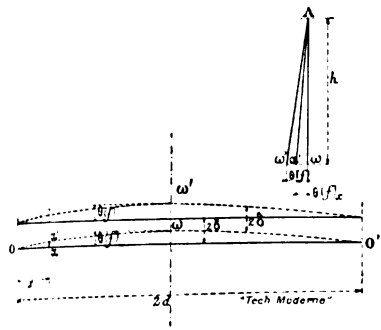


FIG. 19.

vent, c'est-à-dire en somme lorsque les poutres subissent un travail t par millimètre carré ;

r , le rayon de courbure de cet arc ;

$2d$, la portée totale de la travée ;

2δ , la largeur du tablier, on a les relations :

$$r = E \frac{\delta}{t},$$

d'où :

$$d(f) = \frac{d^2}{2r} = \frac{d^2 \cdot t}{2 \cdot E \cdot \delta}.$$

A toute distance x de l'appui O du tablier, la flèche $d(f)_x$ est définie par la relation :

$$d(f)_x = \frac{d(f)}{d^2} x(2d - x) = \frac{t}{2 \cdot E \cdot \delta} x(2d - x),$$

puisque l'arc $O\omega O'$ est un arc de parabole.

Si p est le poids par mètre courant de tablier suspension comprise, h la hauteur du point d'appui des câbles de la suspension sur les piles au centre de poussée du vent sur la surface offerte par mètre courant, la force antagoniste au vent et due à la pesanteur sera dans cette section $\alpha\alpha'$:

$$U_x = p \cdot d(x) \frac{d(f)_x}{h}$$

pour une longueur de tablier $d(x)$, soit :

$$U_x = \frac{p \cdot t}{2 \cdot E \cdot \delta \cdot h} x(2d - x)d(x).$$

Il résulte de là que le moment de flexion dû à cette force variable U_x , s'étendant sur toute la longueur du tablier, est pour la section considérée mm' distante de z de l'appui O :

$$M_z = \int_{x=0}^{x=2d-z} U_x \frac{x}{2d} (2d - z) + \int_{x=2d-z}^{x=2d} U_x \frac{z}{2d} (2d - x) ;$$

en remplaçant U_x par sa valeur, on déduit :

$$M_z = \frac{pt}{2 \cdot E \cdot \delta \cdot h} \left\{ (2d - z) \int_{x=0}^{x=2d-z} x^2 (2d - x) dx + z \int_{x=2d-z}^{x=2d} x(2d - x)^2 dx \right\},$$

soit après intégration et simplification :

$$M_z = \frac{pt}{24 \cdot E \cdot \delta \cdot h} z(z^3 + 8d^3 - 4dz^2).$$

Dans la section au centre du tablier, ce moment de flexion est :

$$M_{(d)} = \frac{5 \cdot p \cdot t \cdot d^4}{24 \cdot E \cdot \delta \cdot h}.$$

On voit nettement que ce moment de flexion dépend, comme c'était à prévoir : du poids du mètre courant du tablier, de la grandeur du débouché, de la largeur du tablier, et de la hauteur du point de suspension des câbles par rapport au tablier.

Application. — Pour montrer l'importance jouée par la stabilité du système, prenons l'exemple suivant :

Un pont suspendu est défini par les caractéristiques suivantes :

$$\left. \begin{array}{l} p = 6\,000 \text{ kg.} \\ 2d = 473 \text{ mètres} \\ h = 53^{\text{m}},80 \\ 2\delta = 14^{\text{m}},00 \end{array} \right\} \text{ avec } E = 2 \times 10^{10},$$

le taux de travail maximum admis dans les poutres de rive est :

$$t = 11 \text{ kg. 5 par mm}^2.$$

Le module de section maximum de l'ensemble de la poutre horizontale de contreventement est :

$$\frac{I}{n} = 1,660.182.$$

Il résulte de là que si l'on ne tenait pas compte dans cet ouvrage de la stabilité du système, qui donne lieu par le poids propre de son tablier à un moment de flexion antagoniste à celui dû à la poussée du vent égal à :

$$M_d = \frac{5}{24} \frac{p \cdot t \cdot d^4}{E \cdot \delta \cdot h} = 5.968.500 \text{ kgm.},$$

on évaluerait le travail dans les poutres de rive à un taux de :

$$\frac{5.968.500 \text{ kgm.}}{10^6 \frac{I}{n}} = 3 \text{ kg. 6 par mm}^2,$$

supérieur à ce qu'il est réellement. Il résulte de là que l'on mettrait en pure perte près de 30 % de métal en trop, puisque le taux de travail admis est de 11 kg. 5. Dans le cas où le poids serait, comme dans le pont de Williamsbourg, de 27 000 kg. par mètre courant, le bénéfice serait beaucoup plus important.

MÉTHODE DE DÉTERMINATION DES CÂBLES DE LA SUSPENSION DONNANT TOUTE SÉCURITÉ À L'OUVRAGE QUELLE QUE SOIT L'EFFICACITÉ DES POUTRES DE RIGIDITÉ. — Un autre point très intéressant dans l'étude de ces ponts, à très grande portée, construits dans le système élémentaire des câbles paraboliques est de définir la section à donner à ces câbles, comme si on avait affaire à de véritables porteurs aériens.

Cette hypothèse, qui donne une sécurité indéfinie pour ainsi dire, consiste à regarder le système hyperstatique, formé par la réunion de câbles paraboliques et d'un tablier muni de poutres de rigidité, comme constituant un système infiniment flexible.

Dans ces conditions, le tablier n'intervient pas pour répartir les surcharges concentrées sur une partie de la travée, il n'intervient que par son poids, qui s'oppose dans une certaine mesure à la déformation de la courbe d'équilibre décrite par la suspension.

(A suivre.)

G. LEINEKUGEL LE COCQ,

Ancien Ingénieur hydrographe de la marine,
Ingénieur en chef des Etablissements F. Arnodin.

TRAVAUX PUBLICS

ABAQUES POUR LE CALCUL DES CONSTRUCTIONS EN BÉTON ARMÉ

PAR LA MÉTHODE DE LA CIRCULAIRE MINISTÉRIELLE DU 20 OCTOBRE 1906

La méthode officielle de détermination des éléments des constructions en béton armé, réglementée par la circulaire ministérielle de 1906, conduit à des calculs longs, pénibles et même assez compliqués.

De nombreuses simplifications y ont été apportées dans les différents bureaux techniques, mais les méthodes qui en découlent ne sont jamais, à notre connaissance, l'application intégrale des prescriptions de la circulaire. Il est cependant possible de simplifier considérablement les calculs, tout en respectant rigoureusement les idées émises dans la circulaire et les formules qui en découlent. L'étude suivante a pour but l'exposé d'une méthode permettant la construction d'abaques dont l'usage permet de conduire rapidement les calculs et d'en donner une vérification presque immédiate. Si l'on appelle, dans le cas le plus général d'une poutre présentant à la fois des aciers en compression et en traction :

ω , la section des premiers;
 ω' , celle des seconds;
 ε , l'épaisseur du hourdis;
 h , la hauteur totale de la poutre;
 b , sa largeur;
 d' , la distance de l'axe de l'armature tendue à la face inférieure de la poutre;
 d , la distance de l'axe de l'armature comprimée à la face supérieure du hourdis;
 b , la largeur de l'aile de compression intéressée;
 m , le rapport des coefficients d'élasticité du métal et du béton;

M , la valeur du moment fléchissant, on obtient, en écrivant que la somme des forces élastiques est nulle et que leur moment est égal au moment fléchissant, les deux équations

$$(1) \quad \frac{b'y_1^2}{2} + (b-b')\varepsilon\left(y_1 - \frac{\varepsilon}{2}\right) + m\omega(y_1 - d) - m\omega'(h - d' - y_1) = 0,$$

$$(2) \quad \frac{b'y_1^3}{6} + (b-b')\varepsilon^2\left(\frac{y_1}{2} - \frac{\varepsilon}{3}\right) + m\omega(y_1 - d)d - m\omega'(h - d' - y_1)(h - d') = \frac{M}{K},$$

y_1 représentant la distance de l'axe neutre au-dessus du hourdis, et K la tangente de l'angle de rotation de la section correspondante à la valeur donnée de M .

Les compressions et tensions maximas des aciers et du béton sont alors fournies par les équations :

$$\begin{aligned} (2) \quad & R_b = Ky_1 < 4,48 \\ (3) \quad & R'_a = mK(h - d' - y_1) < 1200 \\ (7) \quad & R_a = mK(y_1 - d) < 1200 \end{aligned}$$

L'équation (1) détermine la position de l'axe neutre, l'équation (2), le coefficient angulaire K .

Nous distinguerons deux cas dans l'étude :

I. LA POUTRE NE COMPORTE PAS D'ACIERS EN COMPRESSION. — Nous la désignerons sous le nom de poutrelle.

Les équations se ramènent alors à :

$$(1') \quad \frac{b'y_1^2}{2} + (b-b')\varepsilon\left(y_1 - \frac{\varepsilon}{2}\right) - m\omega'(h - d' - y_1) = 0,$$

$$(2') \quad \frac{b'y_1^3}{6} + (b-b')\varepsilon^2\left(\frac{y_1}{2} - \frac{\varepsilon}{3}\right) - m\omega'(h - d' - y_1)(h - d') = \frac{M}{K}.$$

En posant :

$$\frac{b'y_1^2}{2} + (b-b')\varepsilon\left(y_1 - \frac{\varepsilon}{2}\right) = Q,$$

$$\frac{b'y_1^3}{6} + (b-b')\varepsilon^2\left(\frac{y_1}{2} - \frac{\varepsilon}{3}\right) = P,$$

P et Q étant des fonctions de :

$$b', y_1, \varepsilon \quad \text{et} \quad (b - b'),$$

les deux équations deviennent :

$$m\omega'(h - d' - y_1) = +Q,$$

$$(4) \quad \frac{M}{K} = P - Q(h - d').$$

Si, dans ces équations, on connaissait P , Q et y_1 , la détermination de K et de $m\omega'$ (quel que soit m) serait très simple.

On peut considérer la fonction :

$$Q = \frac{b'y_1^2}{2} + (b-b')\varepsilon\left(y_1 - \frac{\varepsilon}{2}\right),$$

comme une somme de deux fonctions :

$$Q_1 = \frac{b'y_1^2}{2}$$

$$Q_2 = (b-b')\varepsilon\left(y_1 - \frac{\varepsilon}{2}\right)$$

qui représentent, en prenant respectivement Q_1 et y_1 , Q_2 et y_1 , comme variables :

La première, une famille de paraboles (b');

La deuxième, une double famille de droites concourantes ($b-b'$), ε .

Nous avons tracé ces deux familles dans le graphique de la page 79.

On peut tracer de la même façon une abaque des valeurs de P . Reprenons maintenant l'équation :

$$m\omega'(h - d' - y_1) = Q.$$

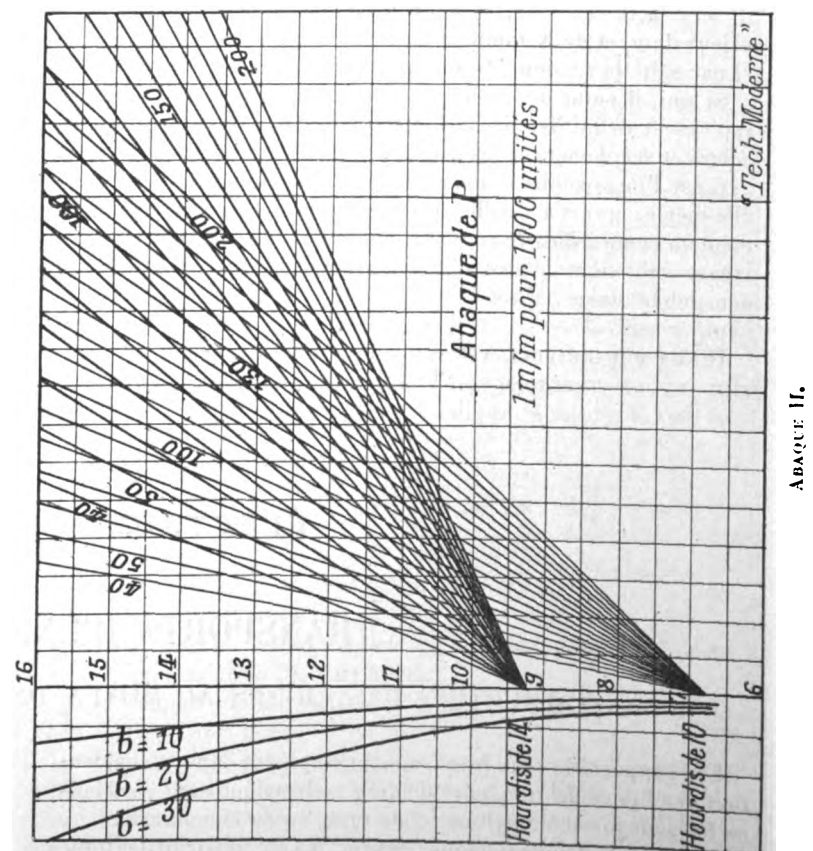
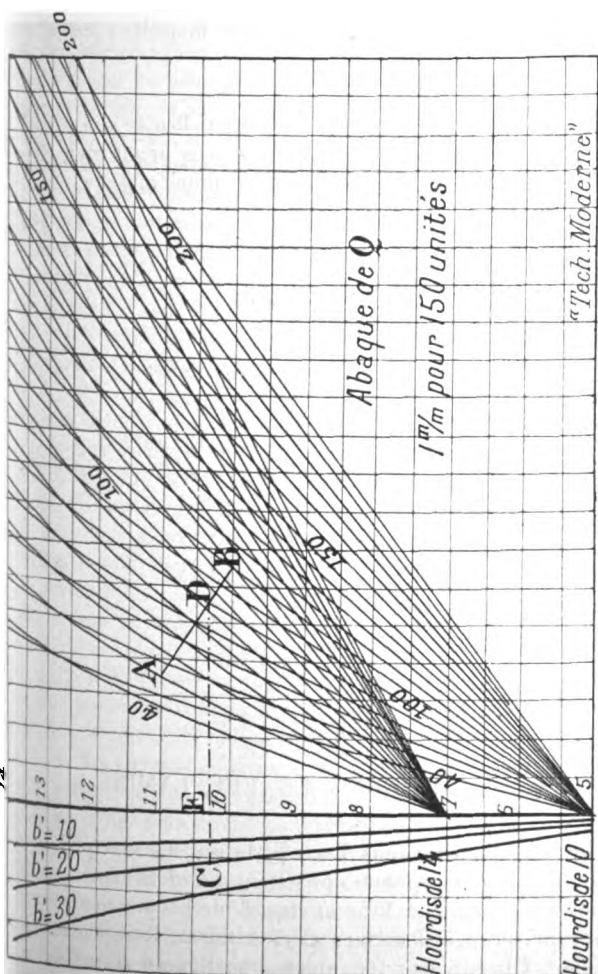
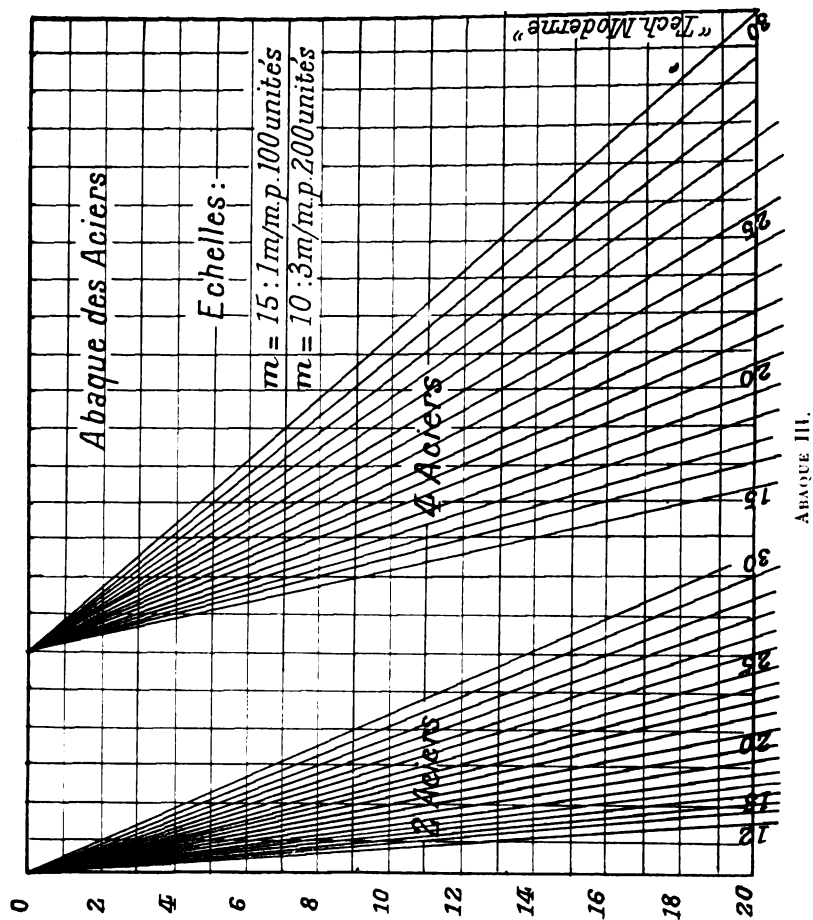
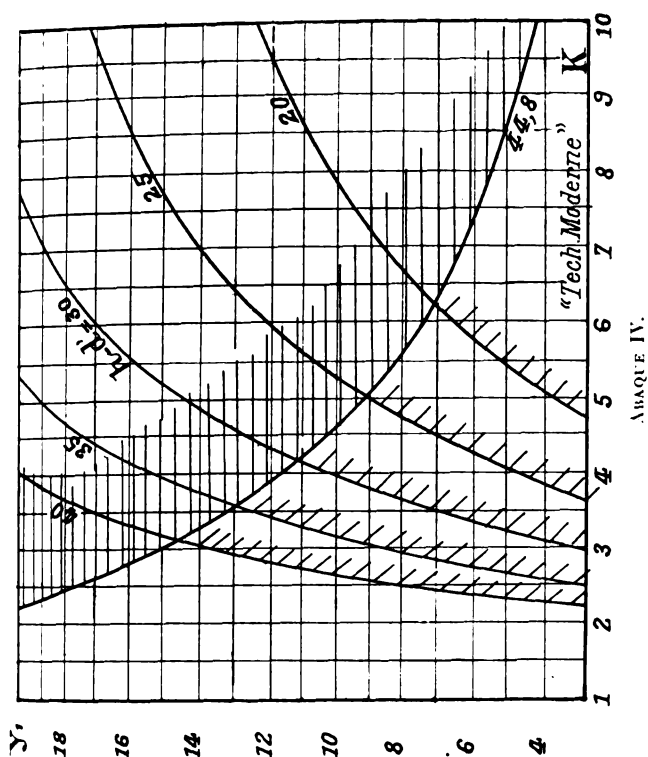
Elle représente, en prenant $h - d' - y_1$ et Q pour variables, une famille de droites : ($m\omega'$) ne dépendant par suite que du produit de la section des aciers par m .

Famille de droites facile à construire sans la forme suivante :

Pour la construction de ladite abaque, il suffit de prendre une valeur quelconque de m , par exemple : $m = 15$. Si m est différent de 15, il suffira de changer l'échelle dans les lectures, sans changer l'abaque.

L'utilisation desdites abaques se fait alors comme suit :

1° *Vérification d'un calcul établi par la circulaire.* — Soient les données : ε , b' , $(b-b')$, $h-d'$, M , m et les inconnues calculées : y_1 et K .



Abaques pour le calcul des constructions en béton armé.

La vérification consiste à s'assurer que les abaques (I) et (III) donnent bien, pour les valeurs admises de $h-d'-y_1$ et y_1 , la même valeur de Q . Si oui, la valeur de y_1 est exacte, l'abaque (II) donne P et l'équation (4), K .

Cette vérification est donc à la fois très simple et très rapide.

2° *Etablissement d'un projet.* — En général, une méthode simplifiée quelconque a déterminé la hauteur de la poutre et la section des aciers, et il ne reste plus à faire que la vérification, très différente néanmoins de celle du premier cas, car elle consiste en la détermination de y_1 et de K et la vérification des deux équations de condition (α) et (β).

Quoi qu'il en soit, les aciers étant déterminés, et la valeur de m admise, l'abaque (III) pour deux valeurs de y_1 (on prendra deux valeurs voisines de la valeur exacte), donnera deux valeurs de Q , qu'il suffira de reporter sur l'abaque (I) en A et B.

Si ε_1 est la valeur donnée de $(b-b')$, on aura :

$$\begin{aligned} CD &= Q \\ \text{et } OE &= y_1. \end{aligned}$$

Il y a une petite erreur, de ce fait que le lieu des points A et B, pour une section d'acier donnée, n'est pas une ligne droite, mais pratiquement l'erreur est insignifiante. On peut d'ailleurs la diminuer à volonté en resserrant l'intervalle des deux valeurs utilisées de y_1 .

La position de l'axe neutre étant connue, l'abaque (II) donne P et l'équation (4) K .

Si l'on a tracé d'autre part l'hyperbole :

$$Ky_1 = 44 \text{ kg. } 800$$

et la famille d'hyperboles :

$$mK(h-d'-y) = 1200.$$

il sera facile de voir, si pour la valeur donnée de $h-d'$, la valeur de y_1 et de K tombent dans les régions non hachurées et si par suite la section des aciers est suffisante.

Si oui, il suffit de calculer : Ky_1 et $mK(h-d'-y_1)$, calculs rapides et définitifs. Si non, il faut augmenter la section des aciers et recommencer les calculs.

C'est l'inconvénient inhérent à la méthode de la circulaire elle-même, qui n'a d'ailleurs d'autre prétention que d'être une méthode de vérification et non de recherches. En l'appliquant comme il vient d'être dit, les tâtonnements successifs ne demandent aucun calcul.

II. LA POUTRE PRÉSENTE A LA FOIS DES ACIERS EN COMPRESSION ET EN TRACTION. — En appelant de même P et Q les

fonctions définies précédemment, les équations deviennent :

$$(3') \quad m\omega(y_1-d) - m\omega'(h-d'-y_1) = Q$$

$$(4') \quad m\omega(y_1-d)d - m\omega'(h-d'-y_1)(h-d') = P - \frac{M}{K}.$$

Ces deux équations résolues par rapport à $m\omega$ et $m\omega'$ deviennent :

$$(6) \quad m\omega(y_1-d)(h-d'-d) = \frac{M}{K} - Q(h-d') - P$$

$$(7) \quad m\omega'(h-d'-y_1)(h-d'-d) = P - \frac{M}{K} - Qd.$$

I. Dans la vérification d'un calcul établi en conformité de la circulaire ministérielle, la méthode précédente s'applique intégralement pour la première de ces deux équations, c'est-à-dire pour la vérification de y_1 .

La vérification de K se fait très facilement par l'une des équations (4'), (6), ou (7), les quantités $m\omega(y_1-d)$ et $m\omega'(h-d'-y_1)$ étant connues par une simple lecture sur l'abaque (III) et P sur l'abaque (II).

II. — Dans le second cas, il suffit de prendre la valeur maximale de y_1 donnée par l'abaque (IV), et la valeur de K correspondante; les abaques (I) et (II) donneront alors P et Q et les équations (6) et (7) la section des aciers à employer.

Dans ce cas, la méthode devient une méthode de recherche.

Nota. — On pourrait a priori trouver extraordinaire que la même méthode ne puisse servir dans le cas plus simple des poutrelles.

La raison est la suivante : Si l'on se donne y_1 et K , comme il n'y a plus qu'une inconnue $m\omega'$, l'équation (4) devient une équation de condition.

Au contraire, dans le cas général, il y a deux inconnues $m\omega$ et $m\omega'$. Il est vrai qu'il s'est introduit une nouvelle équation de condition :

$$mK(y_1-d) < 1200,$$

mais, on peut voir facilement qu'il n'y a pas lieu de s'en occuper et qu'elle est toujours vérifiée quand les deux premières le sont.

En effet, on peut déduire des trois équations α , β et γ :

$$R_a = \frac{mR^s}{y_1}(y_1-d)$$

ou :

$$R_a = mR_b - \frac{mRd}{y}.$$

par suite R_a est toujours inférieur à mR_b , donc :

$$R_a < 6 \text{ kg. } 700 < 12 \text{ si } m = 15.$$

A. CANNIC,

Ancien élève de l'Ecole polytechnique.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

TRANSPORTS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

CONSTRUCTION DES LIGNES AU MOYEN DE SUPPORTS FLEXIBLES EN FER LAMINÉ

Les supports le plus fréquemment employés dans la construction des lignes de transport d'énergie électrique sont : en bois, en fer sous forme de pylône ou de tube, ou en ciment armé.

Cependant, depuis quelques années, il a été construit des lignes importantes, soit en Italie, soit en France, avec un nouveau type de poteau métallique qui offre une grande résistance aux efforts normaux à la direction de la ligne, tandis qu'il fléchit avec

la plus grande facilité sous les efforts qui lui sont parallèles.

En Italie, ces supports consistent en deux fers laminés implantés verticalement dans un massif de béton à une distance un peu supérieure à 2 mètres et entretoisés, formant une véritable palée. Chacun des fers porte une ligne à trois fils. Les portées sont de 110 mètres.

En France, on a employé comme poteau une simple barre en

fer à plancher, et on n'a eu recours à un assemblage que pour les poteaux d'angle. Bien entendu, l'implantation se fait dans du béton de ciment et la hauteur de la section du fer est normale à la ligne.

Dans les deux systèmes, les supports sont excessivement flexibles dans la direction des lignes, tandis que ceux employés habituellement, poteaux en bois ou en ciment armé, pylônes, etc., présentent généralement la même résistance dans les deux directions considérées.

Le système flexible a été discuté, critiqué, à un moment où l'expérience n'avait pas été d'assez longue durée pour permettre de se prononcer sur ses avantages et ses inconvénients.

Aujourd'hui, nous sommes mieux renseignés et il nous a paru intéressant de faire connaître les considérations qui ont servi de base à l'adoption de supports en fer profilé et à l'établissement du système.

Les lignes qui servent au transport de grandes quantités d'énergie destinées à l'alimentation des villes, des services publics et des usines importantes, soit comme éclairage, soit comme force motrice, doivent pouvoir, en tout temps, remplir leur tâche sans aucune interruption. Les arrêts, d'assez courte durée soient-ils, lèsent tant d'intérêts, soulèvent tant de réclamations, que depuis quelques années les producteurs de courant ont fait de grands sacrifices pour les diminuer le plus possible. Cela leur a permis, d'ailleurs, d'amener à eux certaine clientèle qu'un service irrégulier éloignait.

La sécurité d'exploitation exige d'excellents isolateurs et de très bons supports, mais, restant dans notre sujet, nous ne nous occuperons que de ces derniers.

Les poteaux en bois sont économiques comme premier établissement, mais l'entretien des lignes ainsi construites est coûteux; leur résistance diminue rapidement avec le temps, ils se pourrissent un peu au-dessous du sol, rendant ainsi la surveillance difficile, d'où des ruptures imprévues entraînant des arrêts assez sérieux. Il n'est pas rare de voir des poteaux en bois s'abattre dès leur quatrième ou cinquième année de service.

Ils ont aussi l'inconvénient de ne permettre que des portées de 40 mètres, multipliant ainsi le nombre des isolateurs, c'est-à-dire des points faibles.

La foudre et le feu les détériorent fréquemment. Etant mauvais conducteurs, la tenue des isolateurs est un peu meilleure qu'avec les supports métalliques, mais l'avantage est faible.

Les poteaux en ciment armé sont coûteux, très lourds, et par conséquent d'un transport difficile si les lignes ne sont pas à proximité d'une route. A l'heure actuelle, il n'est pas possible de se prononcer sur le coût de leur entretien et sur leur durée. Ils se couvrent de crevasses et il est permis de se demander si, de ce fait, le métal ne s'altère pas.

Il nous reste à parler des supports métalliques : sous forme de tubes ils sont chers et leur intérieur échappe à l'entretien et à la surveillance. Ils ne sont d'ailleurs employés que dans les villes, à cause de leur bon aspect et de leur faible encombrement.

Les pylônes n'ont pas les mêmes inconvénients; néanmoins leur prix est élevé comme métal et comme implantation, celle-ci exige un assez fort volume de béton qui, en plus du coût, rend difficile l'obtention des autorisations des propriétaires pour la traversée des terrains cultivés.

Nous leur reprochons aussi d'être d'un entretien peu commode, parce que leur bonne conservation exigerait qu'ils soient grattés avant d'être repeints, opération coûteuse que l'on néglige de faire; la rouille continue alors son travail sous la peinture, elle n'en devient que plus dangereuse. Ces mêmes raisons nous font dire que les échantillons de fer employés sont généralement trop faibles; on les calcule sans tenir compte de la durée que doivent avoir les lignes et nous ne serions pas surpris que l'emploi de pylônes trop légers ne donne lieu à de sérieux dé-

boires dans l'avenir; ajoutons que, pour pouvoir pratiquer des prix très bas, ils sont souvent mal construits.

Malgré ces inconvénients, les pylônes sont très employés dans la construction des grandes lignes.

POTEAUX EN FER PROFILÉ.

Nous avons eu à étudier si de simples barres en fer profilé employées comme poteaux, présenteraient moins d'inconvénients et seraient plus économiques que les pylônes tout en donnant la sécurité nécessaire.

A cette époque, les lignes à poteaux flexibles dont il est parlé plus haut étaient de construction trop récente pour permettre de se créer une opinion sur leur valeur comme résistance mécanique; toutefois, on avait pu remarquer que les fils de ligne se comportaient comme de véritables haubans et maintenaient la stabilité des poteaux dans le sens de leur flexibilité, mais il pouvait ne pas en être de même dans le cas d'un ouragan soufflant dans la direction de la ligne, c'est-à-dire normalement à la moindre résistance des fers.

Après avoir étudié différents types de supports en fer profilé de sections diverses, constitués par une seule barre ou par plusieurs réunies au moyen d'un assemblage très simple, nous nous sommes arrêtés, pour les alignements droits, au poteau avec barre unique de section $\sqsubset$. Les poteaux d'angle sont formés de deux barres, ayant cette même section, assemblées différemment suivant le cas.

La section en $\sqsubset$ est celle qui nous a paru présenter le plus d'avantages, soit comme économie, soit comme facilité d'assemblage. L'armement du poteau est aussi très commode.

Le tableau suivant montrera la supériorité du fer $\sqsubset$ sur le fer à plancher, par exemple, de même poids :

	FER A — $\sqsubset$ — B Ligne à 3 fils DE 175 X 70	FER A PLANCHER — $\sqsubset$ — B 160 X 74
Poids au mètre courant	17,8 kg.	17,9 kg.
Moment d'inertie par rapport à A =	105	56
Moment d'inertie par rapport à B =	1 120	945
$\frac{1}{n}$ par rapport à A	20,4	15,04
— B	128	118

On remarque notamment que le moment d'inertie par rapport à l'axe A de la section en $\sqsubset$, est sensiblement le double de celui du fer à plancher, que par conséquent, sous un même effort, ce dernier prendra une flèche double, c'est-à-dire qu'il vibrera plus facilement que le fer $\sqsubset$ sous l'action du vent; les ligatures et le scellement des isolateurs seront donc plus fatigués.

Les supports, disposés comme l'indique la figure 1, ont été

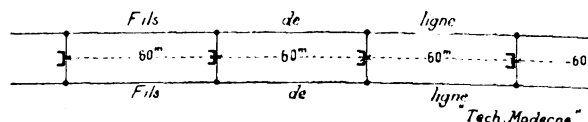


FIG. 1.

calculés d'après les règles habituelles, mais bien longtemps avant l'arrêté ministériel du 21 mars 1908 :

On a compté sur un vent de 150 kg. par mètre carré et un coefficient cylindrique de 0,57.

Les poteaux de lignes simples que nous avons étudiés portent trois fils de 80/10, deux fils téléphoniques de 30/10 et un fil de terre de 40/10; ceux des lignes doubles ont trois fils de 80/10 en plus.

Nous avons choisi, pour les premières, le fer $\sqsubset$ de 175 X 70 X 6 pesant 17 kg. 8 au mètre courant, et, pour les secondes, celui de 200 X 70 X 9 pesant 26 kg. 30 (fig. 2).

Les poteaux d'alignement (fig. 2 et 3) droit étant ainsi déterminés pour résister à l'effort du vent, lorsqu'il agit normalement aux lignes, nous avons envisagé le cas où il souffle dans leur direction. Les fers présentent alors leur plus grande surface au vent et travaillent dans le sens de leur moindre résistance.

Pour éviter qu'ils se renversent comme une rangée de dominos,

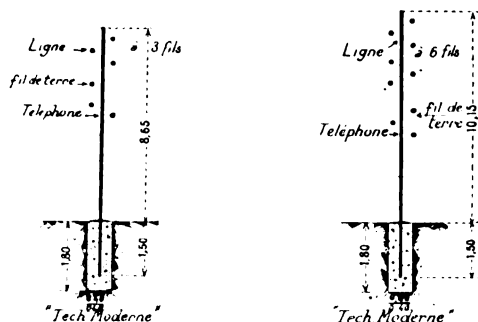


FIG. 2. — Poteau d'alignement droit.

nous avons prévu, de distance en distance dans les grands alignements droits, des poteaux suffisamment résistants, appelés poteaux d'arrêt (fig. 4 et 5), qui limitent la flexion des supports les plus fatigués de manière que leur élasticité ne soit pas altérée.

Si l'on considère les supports compris entre deux poteaux d'arrêt, on voit que le premier, placé sous le vent, fléchit sous



FIG. 3.

Ligne à 13 500 volts.
Poteau d'align. droit.
6 fils de ligne.
1 fil de terre.
2 fils téléphoniques.



FIG. 4.

Ligne à 13 500 volts.
Poteau d'arrêt.
6 fils de ligne.
1 fil de terre.
2 fils téléphoniques.

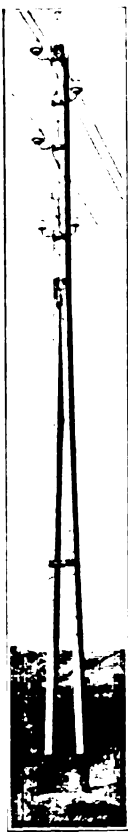


FIG. 5.

Ligne à 13 500 volts.
Poteau d'arrêt.
3 fils de ligne.
1 fil de terre.
2 fils téléphoniques.

son action jusqu'à ce qu'il y ait équilibre entre la pression du vent sur le poteau et la tension des fils. Les fils de la deuxième portée prennent à ce moment un « mou » plus grand et le deuxième

poteau fléchit à son tour, mais d'une quantité plus importante que le premier, et ainsi de suite jusqu'au dernier support. La flèche de celui-ci doit être telle que la limite d'élasticité ne soit pas atteinte.

C'est sur ces bases que nous avons déterminé le nombre de portées qui devaient être comprises entre deux poteaux d'arrêt. Nous avons aussi admis que les supports d'alignement droit se

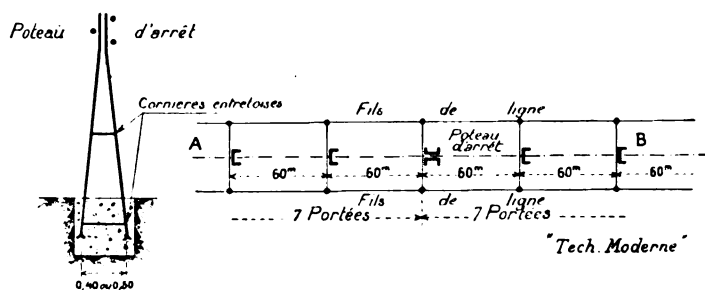


FIG. 6. — Implantation du poteau d'arrêt.

comportaient comme des solides encastrés d'un côté et reposant sur appui à l'autre extrémité, celui-ci étant constitué par les fils de ligne. Nous avons négligé la partie de l'effort absorbée par la flexion du poteau qui, par conséquent, n'intervient pas dans la tension des fils. Nous avons d'ailleurs admis, pour simplifier, d'autres hypothèses, qui seraient un peu longues à rappeler, mais elles viendront naturellement à l'esprit du lecteur.

Nous avons trouvé ainsi que le nombre des portées entre deux poteaux d'arrêt, formant points fixes, devait être de sept.

Il est bien évident que ce chiffre n'a rien de rigoureux et qu'il faut répartir ces poteaux suivant le tracé de la ligne en tenant compte des supports d'angle qui la renforcent, mais dans ce cas il ne paraît pas prudent de dépasser dix portées entre deux poteaux d'arrêt.

Les poteaux d'arrêt sont constitués par deux barres en



FIG. 7.

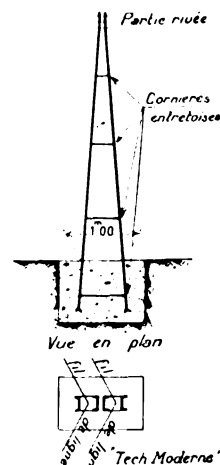


FIG. 8.

assemblées dos à dos, comme l'indique la figure 6, au moyen de quelques rivets. Les sections des fers sont : $200 \times 79 \times 9$ pour les lignes à trois fils et $300 \times 100 \times 10$ pour celles à six fils.

Pour les premières, l'écartement au pied est de 0,40 et pour les secondes de 0,50.

POTEAUX D'ANGLE.

Pour les lignes à trois fils et à six fils il n'y a que deux types de poteaux (fig. 7 et 8), mais bien entendu la section des fers varie suivant les angles afin d'avoir une meilleure utilisation du métal.

Dans la disposition de la figure 7, le contrefort, de longueur variable suivant l'effort, est rivé dos à dos avec le poteau; dans celle de la figure 8, le sommet seul est rivé, puis les deux barres vont en s'écartant ainsi qu'il est indiqué. Il y a lieu de remarquer qu'elles doivent être calculées comme des pièces chargées debout, la fatigue étant maxima dans ce cas. On a admis la même section pour les deux montants, bien que l'un soit comprimé et l'autre tendu.

Ces deux types ont été employés comme il suit :

Lignes à 3 fils	{	Disposition fig. 7, de 175° à 105°.
		— — 8, de 100° à 80°.
Lignes à 6 fils	{	Disposition fig. 7, de 175° à 115°.
		— — 8, de 140° à 80°.

La section des fers a varié de $175 \times 70 \times 6$ à $300 \times 100 \times 10$.

PRIX COMPARATIFS DES SUPPORTS FLEXIBLES ET DES PYLONES.

On vient de déterminer la composition d'une ligne à supports flexibles; elle comprend :

- Des poteaux d'alignement droit;
- Des poteaux d'arrêt (deux par kilomètre);
- Des poteaux d'angle.

Ces prix sont établis pour 1 km. en alignement droit de ligne à trois fils, ne comprenant que les supports.

Ligne avec poteaux flexibles (portée 60 m.).

15 poteaux d'alignement droit = 200 kg. $\times$ 23 fr. les	
100 kg. $\times$ 15	690 fr.
2 poteaux d'arrêt 550 kg. $\times$ 29 fr. $\times$ 2	319 »
Transport, levage, fouilles, { 15 poteaux d'alignement $\times$ 25	375 »
béton, peinture { 2 poteaux d'arrêt $\times$ 46	92 »
Total	1 476 fr.

Ligne avec pylônes (portée 60 m.).

17 pylônes 275 kg. $\times$ 40 fr. les 100 kg. $\times$ 17	1 870 fr.
Transport, fouilles, béton, levage, peinture = 17 $\times$ 45	765 »
Total	2 635 fr.

On voit que les supports en fer profilé sont notablement moins coûteux que les pylônes, et ils conservent cet avantage lorsqu'on établit le prix de revient kilométrique d'une ligne après sa construction; les supports d'angle entrent alors en compte et viennent augmenter le prix en alignement droit établi plus haut, mais le pourcentage d'économie sur les pylônes se maintient.

Il ressort de statistiques, qu'en exécution, les portées de 60 mètres prévues se sont établies en moyenne entre 55 et 58 mètres et que le poids des fers employés par kilomètre pour les lignes à trois fils a été de 5 200 kg., poteaux d'arrêt et d'angle compris, soit une dépense de 1 300 francs de fer en comptant sur un prix moyen de 25 francs les 100 kg., un peu plus élevé que celui des fers simples à cause de l'assemblage des supports spéciaux. Il est bien entendu que ces chiffres peuvent varier sensiblement suivant les tracés et suivant le cours des fers.

Si on veut se donner la peine de comparer ces prix avec ceux des lignes poteaux bois à portée de 40 mètres, on verra qu'ils ne leur sont pas de beaucoup supérieurs.

CONSTRUCTION.

Les lignes avec supports flexibles en fer laminé doivent être solidement construites.

Les hommes, lorsqu'ils sont bien dirigés, sont rapidement entraînés à ce genre de construction.

Les fers sont reçus percés, par les forges, des trous nécessaires à la fixation des isolateurs et à l'accessibilité des poteaux, dont l'âme porte à cet effet tous les 50 cm. un trou de 22 mm.

dans lequel l'homme engage la pointe de la grimpeuse ordinaire.

On forme en des points judicieusement choisis, le long de la ligne à construire, des dépôts de fer, et là, avec un outillage sommaire : forge portative, poinçonneuse, etc., on assemble les poteaux d'angle et les poteaux d'arrêt qui, ensuite, sont répartis sur le tracé suivant les indications du carnet de piquetage. Cette opération, qui est simple, demande cependant de l'ordre et nécessite surtout un piquetage bien fait et définitif, sinon elle entraîne des fausses manœuvres coûteuses.

Le dressage des poteaux n'offre aucune difficulté, mais jusqu'à la prise du béton, ils doivent rester haubannés, afin d'éviter qu'ils soient couchés par le vent et aussi pour qu'ils ne prennent pas de jeu dans leur fondation, ce qui aurait pour effet de reculer leur encastrement, qui doit rester au niveau du sol. Ce point est important parce que le travail du métal est proportionnel à la longueur de la partie non encastree, et la flèche au cube de cette même longueur; le poteau serait donc plus fatigué et surtout beaucoup plus flexible.

Le béton sera dosé à 250 kg. de ciment demi-lent pour un mètre cube de gravier propre tout venant, mais dont les plus gros cailloux devront pouvoir passer dans l'anneau de 5 cm. Il sera damé avec soin par couches successives, de manière à réaliser l'encastrement du poteau au niveau du sol, puis le dessus du massif sera terminé par une petite chape en ciment lissé en pointe de diamant pour éviter la stagnation de l'eau au pied du poteau. Celui-ci est aussi protégé par une couche de coaltar de 0,60 de hauteur au-dessus de l'encastrement et 0,40 au-dessous. Le reste du poteau reçoit deux couches de gris sur celle de minium passée par les forges.

Lorsque la prise du béton est suffisante, on met en place le fil de terre continu qui relie les poteaux et on peut alors disposer des haubans pour continuer le travail en avant.

Il peut paraître oiseux de recommander de disposer les fers de manière qu'ils travaillent dans les conditions prévues, mais il faut compter avec ceux qui ignorent les principes de construction les plus élémentaires et qui néanmoins sont chargés de travaux tout à fait en dehors de leur compétence.

En ce qui concerne les poteaux d'angle, les figures 7 et 8 sont suffisamment explicites, ainsi que la figure 9; néanmoins nous ferons remarquer, pour éviter une erreur fréquente, que la plus grande résistance du support doit être opposée à la résultante des efforts provenant des portées adjacentes, sa direction n'est donc pas forcément la bissectrice de l'angle.

Les poteaux d'arrêt devront être implantés parfaitement en ligne (axe AB fig. 6), sinon l'angle le plus ouvert les fera fléchir. Le léger écartement donné aux deux barres n'a pour but que d'assurer la résistance au vent; il ne faut pas les confondre avec les poteaux d'angle de la figure 8.

Il est facile de se rendre compte de l'inconvénient que peut présenter leur flexion; en dehors du mauvais aspect, la flèche prise par le poteau reporte les efforts transmis par les fils en dehors de son axe et le fait travailler en torsion alors qu'il n'a été étudié que pour résister aux efforts de flexion.

De ces quelques recommandations, il ne faudrait pas conclure que ce genre de construction soit compliqué; il ne présente aucune difficulté.

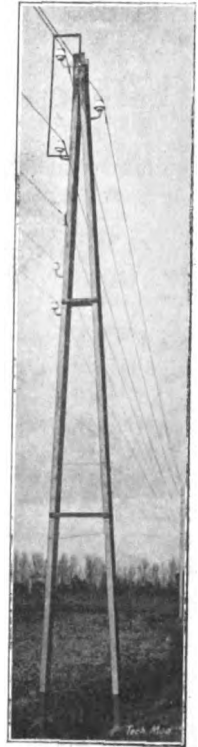


FIG. 9.

Ligne à 13 500 volts.
Poteau d'angle.
3 fils de ligne.
1 fil de terre.
2 fils téléphoniques.

ÉQUIPEMENT DES POTEAUX.

La fixation des isolateurs aux supports est faite comme l'indique la figure 10.

La ferrure est simple et robuste, il suffit de serrer les écrous des boulons à bloc pour éviter tous desserrages, le contre-écrou est inutile.

Le fil de terre de 40/10 de diamètre est en fer galvanisé, le contact est assuré avec le poteau au moyen d'une rondelle de plomb. Toutes les dix portées, une bonne terre est installée; les poteaux ainsi mis à la terre sont marqués d'un T.

Les fils de ligne doivent être posés avec un soin particulier, c'est-à-dire qu'ils ne doivent pas être tendus arbitrairement comme cela se pratique couramment; il faut calculer les flèches à leur donner dans les conditions les plus défavorables, verglas, neige, etc., et tenir sévèrement la main à ce que les monteurs suivent les instructions qui leur seront remises, dans lesquelles ils trouveront les flèches correspondantes à diverses portées et à différentes températures de pose. Ce qui précède s'applique d'ailleurs aux lignes de tous systèmes si l'on veut éviter de sérieux mécomptes.

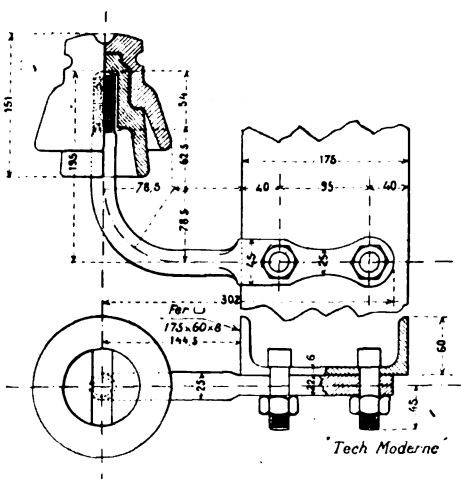


FIG. 10.

de vignettes. On sait qu'habituellement ces inscriptions sont faites sur des plaques qui sont rapidement détruites par la malveillance ou les intempéries.

En employant les vignettes avec certaines précautions, les caractères sont très lisibles et coûtent fort peu à renouveler. Sur les inscriptions ainsi faites, les coups ne marquent pas, aussi sont-elles dédaignées comme cibles; c'est encore un petit avantage.

Les ronces artificielles sont solidement fixées en utilisant les trous d'accessibilité des poteaux.

EMPLOIS DIVERS DES FERS.

On a utilisé des poteaux du type de la figure 8 pour des traversées de chemin de fer répondant aux conditions de l'arrêté ministériel du 21 mars 1908. Leur hauteur totale au-dessus du sol a dépassé 14 mètres, la portée étant de 20 mètres et la section des fers de $200 \times 79 \times 9$. Cette disposition est économique par rapport à celle adoptée habituellement.

L'emploi de ces fers a également donné de bons résultats comme supports d'interrupteurs aériens.

On peut augmenter de beaucoup la solidité des lignes en poteaux en bois, sans grands frais, en plaçant aux angles des supports en fer du système décrit au lieu de poteaux en bois contre-fichés.

CONCLUSIONS.

Les avantages du système de poteaux que nous venons de décrire sur les supports habituellement employés peuvent se résumer ainsi : économie, extrême robustesse, grande facilité d'entretien, faible encombrement de leur fondation.

Les réseaux à haute tension (dépassant 30 000 volts), construits depuis quelques années, se sont admirablement comportés, bien qu'ils aient plusieurs centaines de kilomètres de longueur dans des régions souvent marécageuses ou montagneuses; ils ont supporté des ouragans d'une extrême violence sans aucun incident. Nous avons pu observer alors la parfaite stabilité des poteaux (fig. 11), aucun scellement d'isolateur n'a été ébranlé, aucun écrou de ferrure ne s'est desserré. Les craintes qu'avait fait naître leur flexibilité n'étaient donc pas fondées, ou du moins les précautions prises dont nous avons parlé ont été efficaces. En ce qui concerne la foudre, ces supports n'en ont jamais souffert, alors que des poteaux en bois immédiatement à côté étaient foudroyés par dix ou quinze à la fois.

Ce système a fait ses preuves. Les Sociétés qui l'ont adopté ont fait œuvre de prévoyance. Elles ont réalisé, avec un minimum de dépenses, une parfaite sécurité d'exploitation et une réduction considérable des frais d'entretien et de surveillance.

Notre étude première a été conduite avec beaucoup de prudence; il ne fallait pas, pour économiser quelques tonnes de fer, se lancer dans une aventure qui pouvait être grosse de conséquences; mais, actuellement, l'expérience nous a montré qu'il serait possible de réduire un peu les sections adoptées.

Le travail de la matière est réglé par l'arrêté ministériel du 21 mars 1908 qui fixe le coefficient de sécurité à 3 ou à 5 suivant le cas, mais il n'est pas applicable aux lignes construites en rase campagne. Ainsi que nous l'avons déjà dit⁽¹⁾, on peut, sans courir aucun risque, faire travailler beaucoup plus le métal. Le coefficient 3 s'explique avec le bois dont la résistance diminue très rapidement avec le temps; on peut même dire qu'il n'est pas mauvais de l'appliquer à certains types de pylônes construits avec des fers de petit échantillon, mais avec des barres comme celles que nous avons employées, qui n'ont aucun point faible et dont l'entretien peut être parfait, il ne faut pas craindre d'adopter une fatigue peu inférieure à la limite d'élasticité, parce que cette fatigue est très rarement atteinte, et qu'alors il importe peu que les poteaux fléchissent plus ou moins à ce moment, ces périodes étant de courte durée.

Pour terminer, nous appellerons encore une fois l'attention sur l'intérêt que présentent un bon tracé et une solide construction des lignes.

On oublie trop souvent le rôle important de ces dernières: on accumule dans les usines génératrices tous les appareils, tous les dispositifs propres à éviter les accidents au matériel et les interruptions de courant; puis, à côté de ce luxe de précautions, bien des fois on trace et on exécute les lignes de transport avec une légèreté inconcevable; cependant, le transport de l'énergie est aussi important que sa production. Un accident d'usine est plus facilement réparable qu'un accident de ligne, surtout si ce dernier se produit la nuit et par mauvais temps, ce qui est souvent le cas.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I (1909), n° 7, p. 285; n° 8, p. 333; n° 9, p. 384.



FIG. 11.

Ligne à 30 000 volts.
Poteau d'alignement droit.
3 fils de ligne.
Fils de terre.

Il ne faut pas craindre au besoin d'étudier plusieurs tracés et de choisir le meilleur.

Les autorisations des propriétaires doivent être prises dans une forme inattaquable, y compris celles ayant trait à l'égavage, ou mieux à l'abatage, des arbres voisins, sinon, il faut s'attendre à des procès, et quelquefois à des déplacements de ligne sur des longueurs plus ou moins grandes, et cela en pleine exploitation.

En résumé, l'établissement des lignes doit être traité très sérieusement dans tous ses détails et c'est le seul moyen, il faut bien s'en convaincre, d'exécuter les travaux rapidement et économiquement, et de s'assurer pour l'avenir une excellente exploitation soit comme sécurité, soit au point de vue financier.

Il faut reconnaître qu'aujourd'hui de sérieux progrès ont été réalisés dans cette voie.

G. DÉTHIOLLAZ.

CHIMIE INDUSTRIELLE

L'INDUSTRIE DU GOUDRON DE HOUILLE ⁽¹⁾

(Suite.)

GOUDRONNAGE DES ROUTES. — Nous citerons, en dernier, comme emploi direct du goudron, un des plus récents : c'est le goudronnage des routes. A vrai dire, l'emploi du goudron pour recouvrir le sol des chemins, terrasses, cours, etc. est fort ancien. Déjà feu A. Mallet l'avait indiqué et employé il y a plus de quarante ans. M. Audouin indiquait également une nouvelle formule consistant à faire un mélange préalable de sable et du goudron, dans la proportion de 14 litres de goudron pour 1 hectolitre de sable. Ce mélange est étendu sur le sol à recouvrir, puis pilonné. Enfin, on jette à la volée du sable en petits grains comme sur un trottoir bitumé et l'on termine par un roulage.

Un tel revêtement offre l'avantage d'être bon marché, d'une exécution facile et les résultats en sont excellents, tout au moins quand le chemin n'est pas soumis à un charroi trop intense.

Mais la question a pris une grande importance au cours des dix dernières années avec le développement de l'automobilisme. Le problème à résoudre est double : il s'agit, d'une part, sur les routes existantes, d'empêcher une usure trop rapide du macadam et d'éviter la poussière qui est devenue un véritable fléau pour les riverains sur certaines routes très fréquentées ; d'autre part, il convient de rechercher un mode de revêtement des routes, lors de leur construction ou de leur réfection, répondant mieux que le macadam ordinaire aux conditions imposées par l'augmentation du nombre, du poids et surtout de la vitesse des véhicules modernes.

Enduit superficiel. — Pour répondre à la première partie du problème, divers essais ont été faits, dans le sens indiqué déjà par les États-Unis, où l'on arrose les routes de pétroles bruts ou de résidus de pétroles. Mais, en France, le prix très cher de ces divers produits rendait une telle pratique impossible. On a donc essayé d'employer, à leur place, le goudron de houille. C'est de 1901 à 1902 que datent les premiers essais sérieux tentés, en France, dans les départements de la Seine, de Seine-et-Oise et de Seine-et-Marne, en même temps que sur divers points de notre réseau routier (particulièrement sur la Côte-d'Azur).

Les résultats furent encourageants et, au cours de ces dernières années, le goudronnage des routes s'est considérablement développé.

On a expliqué de diverses façons le mode d'action du goudron sur l'empierrement des routes, et il est généralement admis aujourd'hui que le goudron, en imprégnant le sable qui enchâsse les cailloux de la route, forme avec ceux-ci un véritable béton plastique, ce qui augmente la cohésion de l'empierrement. De plus, formant sur la route une aire très mince mais très élas-

tique, il protège les matériaux contre l'usure due aux frottements et prévient la formation des poussières.

Le goudronnage, pour être efficace, exige certaines précautions résumées ainsi par le Dr Guglielminetti, qui s'est fait le champion de cette nouvelle application :

- 1° Le temps doit être chaud et sec ;
- 2° La route macadamisée doit être en très bon état et offrir une surface lisse et dure ;
- 3° Elle doit être exempte de boue et de poussière, c'est-à-dire doit être balayée et lavée à grande eau avant l'épandage du goudron ;
- 4° Quand la surface est bien sèche après le lavage indiqué, on étale le goudron, préalablement chauffé à 60°, en une couche régulière de 1 à 2 cm. d'épaisseur.

Après l'épandage, la route peut être rendue à la circulation au bout d'un temps variant de quelques heures à deux ou trois jours, suivant l'état de l'atmosphère.

La quantité de goudron répandue par mètre carré de surface varie de 1 à 1/2 kg.

Les services des Ponts et Chaussées, chargés de l'entretien des routes nationales, se montrent en général assez partisans du goudronnage et, bien qu'on ne puisse encore être absolument fixé sur la diminution des frais d'entretien normal des routes, que permettra de réaliser le revêtement de goudron en compensation des frais d'épandage et de l'acquisition de la matière, il semble que, dans bien des cas, son emploi sera justifié, autant par des considérations économiques que par les considérations d'hygiène et de commodité qui ont engagé à commencer ces essais.

Empierrements goudronnés. — Le second problème a fait, dans ces derniers temps, l'objet d'études approfondies, spécialement en Angleterre.

Les rechargements goudronnés, consistant en une réfection de la chaussée avec incorporation de goudron dans le corps même du macadam, peuvent se diviser en deux catégories :

- 1° Le goudron et la matière sont mélangés au moment de l'emploi. On arrose la chaussée de goudron ou d'un mélange de goudron et de brai, on charge les pierres concassées et on cylindre.

Ce procédé un peu brutal ne semble pas avoir donné d'excellents résultats ; la chaussée reste élastique et mouvante. On a cherché à y remédier en employant non plus du goudron, mais un béton de goudron (système Bedeau) composé d'argile et de goudron, sur lequel on étend les pierres.

- 2° Le goudron et la matière sont mélangés au préalable. Le « tarmacadam » est formé, en principe, de pierraille enrobée

⁽¹⁾ Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 1, p. 27.

à l'avance dans une préparation à base de brai qui sert de matière d'agrégation. Ce tarmacadam est posé ensuite à froid sur la chaussée et soumis au cylindrage.

Pour la préparation du macadam goudronné Aeberlé, les pierres et goudron sont chauffés et mélangés dans une machine spéciale. Le macadam ainsi formé est mis en tas et recouvert d'isolants conservant la chaleur; on n'emploie le produit qu'après six ou sept mois, lorsque l'imprégnation de la pierre par le goudron est aussi complète que possible.

Il paraît que ces procédés ont pu être exécutés à des prix variant de 7 fr. 85 à 8 fr. 75 le mètre carré, y compris l'entretien pendant cinq ans.

Le tarmac est une variété de tarmacadam, dans lequel on a remplacé la pierre par du laitier de hauts fourneaux spécialement choisi dur et poreux. Les prix annoncés en Angleterre varient entre 3 fr. 80 le mètre carré et 6 fr. 55 suivant les régions.

Notons que comparativement le macadam ordinaire ressort à 2 et 3 francs le mètre carré.

La différence des prix paraît devoir être largement compensée par la durée plus longue des empièvements goudronnés, qui offrent en outre l'avantage de ne donner à l'usage ni boue, ni poussière.

En résumé, si le goudronnage pur et simple semble être indiqué pour l'entretien d'une route en bon état, qu'il protège contre l'usure, tout en supprimant la poussière, le rechargement goudronné paraît la solution de l'avenir pour la construction des routes dans les villes ou leurs abords immédiats, en concurrence avec les divers modes de pavage.

On reproche cependant au goudron une action destructive sur le feuillage des plantes à tissus très aqueux riveraines des routes goudronnées. D'autre part, les vapeurs goudronneuses font peler l'épiderme des personnes qui y sont exposées. Les automobilistes se plaignent aussi que les poussières goudronneuses, qui leur rentrent dans les yeux, leur causent des ophtalmies. On pourrait, à notre avis, éviter ces inconvénients en employant des goudrons débarrassés de leurs produits volatils.

beaucoup plus considérable, par lavage du gaz des fours à coke; la créosote, l'huile moyenne, l'huile lourde, l'huile pour éclairage; la naphthaline (brute ou raffinée sous différentes formes); la pyridine, l'acide phénique, les acides crésyliques, les désinfectants; l'anthracène; le brai sec, demi-sec ou gras.

Certains de ces produits se vendent bruts au sortir de la distillation. D'autres sont au contraire plus ou moins raffinés pour certaines applications.

Pour le classement des distillats, on se guide, en Angleterre, sur la densité et, dans les autres pays, sur la température des vapeurs dans la cornue où s'opère la distillation. Voici plusieurs exemples de fractionnement très différents avec les usines :

PRODUITS	TEMPÉRATURES LIMITES SUPÉRIEURES		
Essence	jusqu'à 110°	jusqu'à 165°	jusqu'à 140°
Huiles légères. . .	— 210°	— 230°	»
Huiles moyennes (pour phénol et naphthaline) . . .	— 240°	»	jusqu'à 210°
Huile lourde (pr créosote)	— 270°	jusqu'à 270°	»
Huile anthracé- nique.	au-dessus de 270°	au-dessus de 270°	jusqu'à 350°

Quand l'anthracène se vendait bien, on poussait la distillation jusqu'au brai sec. Actuellement on s'arrête plutôt au brai demi-sec.

De même les huiles, par suite d'applications nouvelles importantes comme les lavages du gaz pour la récupération du benzol et l'arrêt de la naphthaline, l'alimentation de moteurs Diesel, sont devenues plus intéressantes. On attache davantage d'importance à leur fabrication qu'autrefois.

RENDEMENT DE LA DISTILLATION. — Il varie évidemment avec la nature des goudrons et le classement adopté.

Nous en donnons quelques exemples dans le tableau ci-après :

PRODUITS OBTENUS PAR 100 KG. DE GOUDRON.

ORIGINE DES GOUDRONS	GAZ. EAU ammoniacale et pertes	ESSENCE	HUILE légère	HUILE moyenne	HUILE lourde	HUILE anthracé- nique	BRAI	AUTEURS
Anglais	4,00	1,5	1,5	22,00		4,00	67	Chemistry by Writers of Eminence.
Anglais	1,34	2,83	6,70		30,38		55	Lünge.
Anglais	2,30	2,20	10,60		24,50		60,50	Vatson-Smith.
Allemand	2 à 4	7 à 8		32 à 35		10 à 11	40 à 50	Schilling.
Allemand	7,40	8,40	9,40		23,90		50,90	Stohmann-Kerl.
Allemand	5,50		10,50		27,00		57	Stohmann-Kerl.
Français.	7,00	5,00		22 à 25			63	Compagnie Parisienne.
Français et Belges (partiel- lement déshydratés) . .	2,2	1,5	3,6	18,5		5,2	69	de Vultich.

III. — Traitement du goudron par distillation.

FRACTIONNEMENT DES GOUDRONS. — Le traitement qu'on fait subir au goudron varie avec la nature des produits commerciaux que l'on veut en tirer, le principal produit étant généralement le brai. Les produits qui se cotent sur les marchés de Londres et Berlin sont :

Les benzols et le toluène qu'on extrait également et, en quantité

M. de Vultich cite aussi les résultats de mélanges de goudrons d'usines à gaz qui donnaient comme produits bruts :

Eau ammoniacale	6,8 °°
Huiles légères	0,8
Huiles moyennes	10,9
Naphtaline et huiles.	4,5
Huiles lourdes	7,6
Brai	69,4

En traitant à nouveau ces produits, on obtenait :
Pour les huiles légères (0,8 %/o) :

Benzols	30 %/o
Toluol.	8
Benzines	10
Pyridine	1
Huile à retraiter	43
	92 %/o

Pour les huiles moyennes (10,4 %/o) :

Benzines	2 %/o
Acide phénique	7
Naphtaline distillée	71
Huile liquide	18
	98 %/o

Naphtaline distillée et cristallisée	3 %/o
Huiles lourdes et créosote	7,6 %/o

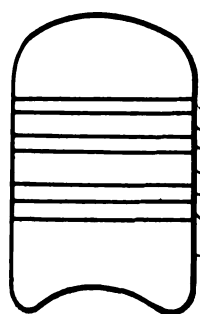
CONDUITE DE LA DISTILLATION DISCONTINUE ORDINAIRE. — Nous verrons, au chapitre « Différents systèmes de distillation », que la distillation s'opère ordinairement dans des alambics de 5 à 50 tonnes. La durée de cette distillation est extrêmement variable :

Nous donnerons encore, d'après *Wie eine moderne Teerdistillation mit Dachpappfabrik eingerichtet sein muss*, un schéma (fig. 6) de distillation dans une petite cornue, indiquant les % en volume des divers fractionnements, les dépenses correspondantes de combustible et d'eau, etc.

Le remplissage dure deux heures; une heure un quart après le commencement du remplissage, on commence à chauffer et l'on continue jusqu'à la décantation qui se fait quand on atteint 70° dans les vapeurs. La consommation de charbon pendant cette période préliminaire est de 60 kg.

Quand on distille des goudrons préalablement déshydratés, on peut pousser plus rapidement la distillation pendant la première période sans craindre de débordements.

Notons, dès à présent, que, dans la dernière période et souvent bien avant 280° dans les vapeurs, on injecte ordinairement de la vapeur d'eau au sein de la masse de goudron, dont la température est notablement plus élevée que celle des vapeurs et qui formerait du coke au contact du fond de la cornue qui tend à rougir. Comme nous le verrons plus loin, on fait aussi quelquefois agir simultanément le vide pour abaisser encore un peu la température de distillation, déjà considérablement réduite par l'entraînement dû à la vapeur d'eau.



PRODUITS DISTILLÉS	GOUDRON	HAUTEUR occupée dans la chaudière par les produits distillés	DENSITÉS		TEMPÉRATURE dans les vapeurs	DURÉE de la période	CONSUMMATION		TEMPÉRATURE dans le réfrigérant en fin d'opération
			en fin d'opération à 20°	en moyenne à 15°			en charbon dans le foyer	en eau dans le condenseur	
Eau	2,4	47	"	"	70	2 "	60	"	"
Huile légère	7,52	155	1,00	0,96	70-206	5 "	168	0,89	sup. à 65
Huile à phénol	6,3	124	1,029	1,015	206-240	1 "	43	0,27	78-80
Huile lourde	12,14	230	1,045	1,035	240-264	1 15	38	0,34	85
Huile à anthracène (pour brai gras)	9	168	1,07	1,055	264-296	1 10	55	0,32	86
En plus pour brai sec	7,2	134	1,08	"	296-315	" 25	10	0,11	87
Brai gras	63	1.003	"	"	"	"	"	"	"
Brai sec	56	869	"	"	"	"	"	"	"

"Tech Moderne"

FIG. 6. — Densité des huiles à anthracène pour brai gras 1,02 à 70° 1,01 à 80°
— — — — — 1,03 — 1,02 —

de quatorze à cinquante-deux heures. Quant au refroidissement et au rechargement, ils durent de six à vingt-quatre heures; quelquefois le brai n'est pas coulé immédiatement après l'arrêt de la distillation.

Dans les Ardennes, M. de Vultich réglait, de la façon suivante, les temps de marche avec des cornues de 20 tonnes :

Avant coulant	10 heures.
Huiles légères	4 --
Huiles lourdes et anthracéniques	6 --
Total	20 heures.

Six heures après, les cornues étaient rechargées et remises en marche.

D'après Lunge, voici le tableau synoptique d'une distillation :

DURÉE	PÉRIODE de la distillation	TEMPÉRATURE dans le dôme de la cornue	PRODUITS		
			Nature	Poids en kg.	Poids spécifique
1 h. 1 2	Avant coulant	80 à 167°	Eau.	880	"
1 h. 1 2	Coulant	167 à 230°	Huile.	400	0,925
2 h.		230 à 255°	Huile légère.	250	0,995
2 h. 1 2		255 à 280°	— carbolique.	500	1,015
2 h.		280 à 285°	— créosote.	1.300	1,045
			— anthracène.	1.450	1,095

DÉSHYDRATATION. — Nous avons vu que le goudron, qu'on sort des fosses à goudron et eaux ammoniacales, contient de 1 à 10 % et plus d'eau occluse. Si l'on chauffe rapidement du goudron dont la teneur en eau ammoniacale oscille autour de 5 %, la vapeur d'eau, qui se forme dans son sein, émulsionne le liquide visqueux. Une sorte de mousse, analogue à celle qu'on observe dans la concentration trop rapide des alcools, monte, déborde et envahit tous les appareils.

Il faut donc, au début de la distillation du goudron, procéder très lentement. En chauffant le goudron jusqu'à 40°, on augmente beaucoup sa fluidité, ce qui permet la séparation d'une grande partie de l'eau par simple décantation⁽¹⁾. On opère parfois de cette façon dans les cornues ordinaires. L'eau qui suinte à la surface du goudron est évacuée au moyen d'un trop-plein réglable ou d'un tuyau plongeur par lequel on remonte le liquide, en faisant agir une pression d'air comprimé dans le dôme de la cornue.

Ce qui reste d'eau est ensuite vaporisé doucement en même temps que les essences légères contenues dans le goudron.

Ce mode opératoire immobilise assez longtemps la chaudière. Ainsi effectue-t-on souvent une déshydratation préalable dans des vaisseaux spéciaux.

(A suivre.)

G. et V.

(1) Les goudrons riches en carbone fixe perdent difficilement leur eau ammoniacale.

AÉRONAUTIQUE

LES AÉROSTATS DIRIGEABLES CONTEMPORAINS ⁽¹⁾

(Suite et fin.)

Nous venons de passer en revue les causes qu'on pourrait appeler statiques de l'instabilité longitudinale des dirigeables. Elles peuvent, en effet, agir au repos aussi bien que pendant la marche. Il suffit qu'une inclinaison soit provoquée pour que ces différentes causes tendent à l'exagérer. Mais la stabilité longitudinale a d'autres ennemis qu'on pourrait appeler d'ordre dynamique; ceux-ci n'agissent que dans le cas où l'aérostat est doué d'une vitesse propre grâce à l'action des propulseurs. Elles tiennent évidemment à l'action dissymétrique de la résistance de l'air sur différentes parties de l'aérostat, action qui peut provoquer une inclinaison dans un sens ou dans l'autre, d'où il résulte des mouvements de tangage. Il est difficile d'étudier la question avec une précision absolue; mais les résultats constatés au cours des ascensions déjà nombreuses exécutées en ballons dirigeables, et les expériences méthodiques de laboratoire dues au colonel Charles Renard, ont permis d'en déterminer les principaux éléments. Ces effets étant dus à l'action de l'air, il était naturel de penser que leur intensité varie avec cette action, c'est-à-dire proportionnellement au carré de la vitesse propre. C'est, en effet, ce qu'ont démontré les expériences du colonel Renard.

Pour préciser un peu les idées, nous appellerons, avec l'éminent officier, couple perturbateur celui qui tend à écarter l'aérostat de sa position normale. Dans une communication faite à l'Académie des sciences, il a indiqué que le couple perturbateur varie proportionnellement au poids spécifique de l'air, au cube des dimensions homologues (pour des ballons semblables), au carré de la vitesse propre, et au sinus de l'angle d'inclinaison (séance du 6 juin 1904).

Qu'est-ce qui vient combattre ce couple perturbateur? C'est le couple stabilisateur statique dont nous avons déjà parlé, et qui résulte de deux forces principales: force ascensionnelle appliquée au centre de poussée A, et poids appliqué au centre de gravité G (fig. 35) ⁽²⁾. Il est facile de voir que ce couple varie proportionnellement au poids spécifique de l'air, à la quatrième puissance des dimensions homologues, et au sinus de l'angle d'inclinaison.

Nous nous trouvons donc en présence de deux couples: l'un perturbateur qui, toutes choses égales d'ailleurs, est proportionnel au carré de la vitesse; l'autre stabilisateur qui ne dépend aucunement de la vitesse, mais qui, en fonction de l'inclinaison, varie suivant la même loi que le couple perturbateur. Que peut-il résulter de là? C'est qu'aux vitesses faibles le couple stabilisateur l'emportera sur le couple perturbateur, et que sa prépondérance ira en diminuant au fur et à mesure que la vitesse augmentera. Pour une certaine vitesse à laquelle le colonel Renard a donné le nom de *vitesse critique*, les deux couples seront égaux; au delà de cette vitesse, c'est le couple perturbateur qui aura la prépondérance, et celle-ci croîtra indéfiniment et très rapidement avec la vitesse. Il en résulte qu'un dirigeable quelconque sera toujours stable aux très faibles allures; — que cette stabilité diminuera à mesure que la vitesse augmentera; — que lorsqu'on atteindra la vitesse critique, la stabilité longitudinale sera nulle, c'est-à-dire que l'équilibre sera indifférent, et que quand le ballon aura pris une certaine inclinaison, il n'y aura

aucune raison pour qu'il en change; — enfin, qu'au-dessus de la vitesse critique, le ballon sera instable, et dès que l'axe s'écartera de la position horizontale, l'écart ira en augmentant et l'axe tendra à se placer verticalement.

La navigation est donc théoriquement impossible au delà de la vitesse critique. Pratiquement, cette impossibilité se vérifie, mais d'une façon beaucoup plus grave; car, assez longtemps avant d'arriver à la vitesse critique, les mouvements de tangage deviennent inquiétants et même dangereux, au point qu'on ne saurait songer un seul instant à marcher dans de semblables conditions.

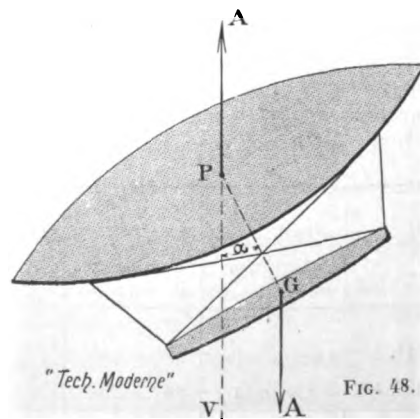
Étant donnée l'existence de cette vitesse critique, il ne servirait à rien d'augmenter dans des proportions quelconques la puissance des moteurs. Si l'on s'obstinait à le faire, on ne pourrait qu'augmenter l'instabilité longitudinale. C'est ce qu'exprimait d'une façon pittoresque le colonel Renard en disant: « Si un aérostat peut atteindre sa vitesse critique en dépensant une puissance motrice de 20 chevaux, et si on le munit d'un moteur de 100 chevaux, les 20 premiers chevaux serviront à propulser l'appareil, et les 80 autres à se casser le cou. »

Dans de telles conditions, il devient inutile de poursuivre l'allégement des moteurs, puisqu'on ne peut utiliser leur puissance. Et ce n'est pas une simple hypothèse; les chiffres suivants font connaître quelles sont pour différents aérostats les vitesses critiques et la puissance motrice correspondante:

	LA FRANCE 1884-85	SANTOS- DUMONT 1901	LEBAUDY 1903-04
Vitesse critique	10,00	8,50	10,80
Puissance en chevaux correspondant à la vitesse critique.	24,2	7,2	41,3
Puissance en chevaux qu'il eût été possible d'employer . . .	60	22	95
Vitesse correspondant à la puissance maximum.	13,50	12,10	14,20
Perte de vitesse due à l'instabilité longitudinale	3,50	3,60	3,40

Telle était la situation en 1903. Pour l'améliorer, il n'y avait qu'un moyen, c'était d'augmenter le couple stabilisateur. Or, le moment de celui-ci est évidemment égal au produit du poids A (fig. 48) de l'aérostat multiplié par le bras de levier GP que nous désignerons par la lettre *l*, et par le sinus de l'angle d'inclinaison α , soit donc $Al \sin \alpha$ la valeur de ce couple pour une inclinaison donnée. Afin d'augmenter ce couple, on peut agir soit sur A, soit sur *l*.

Il n'y a rien à modifier par A puisque le poids total de l'appareil est limité par la force ascensionnelle de l'aérostat, laquelle est réglée par d'autres



(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 6, p. 331; n° 7, p. 397; n° 8, p. 449; n° 9, p. 492; n° 10, p. 543, et n° 12, p. 682.

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), p. 684.

considérations. On peut, par contre, augmenter l , c'est-à-dire abaisser la nacelle et l'éloigner autant que possible du ballon; mais on est limité dans cet ordre d'idées parce que l'abaissement exagéré de la nacelle présente des inconvénients assez nombreux, entre autres celui d'augmenter notablement la résistance

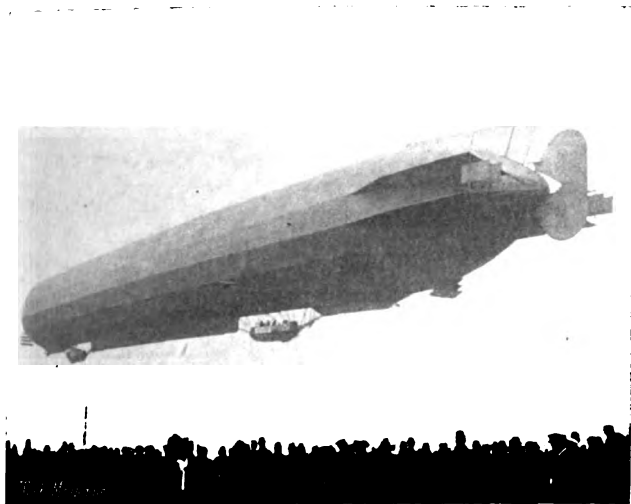


FIG. 49. — "Zeppelin III".

à l'avancement du véhicule en raison de l'allongement des cordages de suspension et, par conséquent, du développement de leur surface résistante.

Certains ingénieurs ont pensé qu'on pouvait, sans augmenter en permanence le couple stabilisateur, lui donner une valeur variable dans un sens ou dans l'autre par l'emploi de poids mobiles, soit longitudinalement comme l'avait fait le capitaine Charles Renard pour le premier voyage du ballon dirigeable *La France*, soit autour de l'axe de rotation d'un bras de levier de grande longueur, comme l'avait fait le comte Zeppelin dans son premier aérostat. Le capitaine Charles Renard avait aussi eu l'idée de faire passer, au moyen d'une pompe, une certaine quantité de liquide de l'avant à l'arrière ou de l'arrière à l'avant, suivant les besoins.

Ces procédés n'ont donné aucun résultat. Ils ont tous le défaut d'arriver toujours trop tard. Ils exigent, d'ailleurs, l'intervention constante de l'aéronaute, et il n'est pas pratique d'assurer la stabilité longitudinale dans de semblables conditions. De plus, tous les procédés statiques de stabilisation longitudinale ont une action limitée et indépendante de la vitesse. Ils ne peuvent avoir d'autre effet

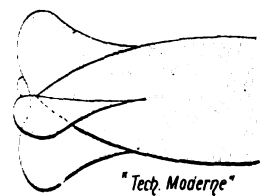


FIG. 50.

que d'augmenter d'une façon permanente ou temporaire l'importance du couple stabilisateur, mais sans dépasser pour celui-ci une valeur déterminée. Le seul résultat à espérer est donc d'augmenter la vitesse critique, et de reculer par suite la limite d'emploi de l'aérostat; mais cette vitesse critique n'en existe pas moins, et si, par ces procédés, on peut conserver la stabilité un peu plus longtemps, on finit néanmoins par la perdre infailliblement.

Aussi le seul moyen de remédier à l'instabilité longitudinale est de créer un couple stabilisateur qui, comme le couple perturbateur, varie proportionnellement au carré de la vitesse. Si l'on peut obtenir ce résultat, et si, à une vitesse donnée, la stabilité est suffisante, il en sera de même à toute allure, car, les deux couples variant de la même façon en fonction de la vitesse, il n'y a aucune raison pour que le couple stabilisateur perde sa prépon-

dérance, s'il la possède déjà. Supposons, par exemple, qu'à la vitesse de 5 mètres par seconde, il soit deux fois plus puissant que le couple perturbateur; si l'on passe à la vitesse de 10 mètres, chacun des deux couples est multiplié par 4, et le stabilisateur reste toujours deux fois plus puissant que l'autre. Dans ces conditions, la vitesse critique est abolie, et la stabilité longitudinale est acquise quelle que soit la vitesse.

Pour atteindre ce résultat, le colonel Renard a proposé de recourir à des empennages, c'est-à-dire à des surfaces placées à l'arrière du centre de gravité, et qui sont frappées par le courant d'air, soit en dessus, soit en dessous, suivant que le ballon s'incline dans un sens ou dans l'autre, de manière à provoquer son redressement dans tous les cas. C'est, en somme, le même procédé qu'il a préconisé également pour assurer la stabilité de route; mais ici ce sont des sortes de queues horizontales et non verticales qu'il est nécessaire d'employer.

Dans les dernières notes qu'il a communiquées à l'Académie des Sciences, il a fait connaître les surfaces qu'il convenait de donner aux empennages horizontaux. Ces surfaces sont évidemment en raison inverse de la distance de leur centre de figure au centre de gravité, car plus leur bras de levier est grand, moins elles demandent à être développées. On est donc conduit à les placer le plus loin possible, c'est-à-dire à les fixer au ballon lui-même et à sa pointe arrière.

Les idées du colonel Renard à ce sujet, ont été, depuis leur publication, admises par tous les ingénieurs aéronautes; du *Zeppelin* au *Bayard-Clément*, en passant par les ballons du type *Lebaudy*, tous possèdent des empennages horizontaux pour la stabilité longitudinale, et d'autres verticaux pour la stabilité de route. Le seul point sur lequel ces ingénieurs diffèrent est le mode de construction de ces appareils.

Les partisans du système rigide ont construit naturellement des surfaces formées de matériaux rigides. Pour les ballons du type *Zeppelin* (fig. 49), la chose est simple et ne présente aucun inconvénient, ou, pour parler plus exactement, n'augmente

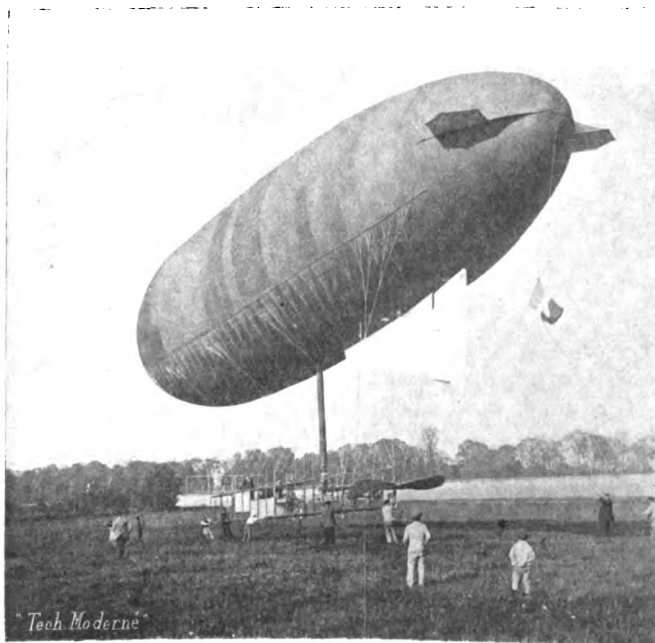


FIG. 51. — "Gross".

pas sensiblement les inconvénients inhérents au système rigide.

Lorsqu'il s'agit de ballons souples, il est beaucoup plus difficile d'y adapter des empennages. Si on les constitue par des surfaces planes, il faut, pour qu'elles conservent leur forme, les munir d'une armature en matériaux rigides, et fixer cette armature au ballon. C'est ce qui a été fait pour *Patrie*, *République* et

les autres aérostats du type semi-rigide. Je ne connais pas le détail du mode de construction de ces ailerons, qu'on peut voir représentés figure 50, mais je suis convaincu qu'avec l'habileté dont ils ont donné tant de preuves, MM. Julliot et ses collaborateurs ont réalisé ces surfaces dans les meilleures conditions.

Une disposition analogue a été adoptée pour le ballon *Gross* (fig. 51).

Malgré tout, je persiste à croire qu'il est à peu près impos-

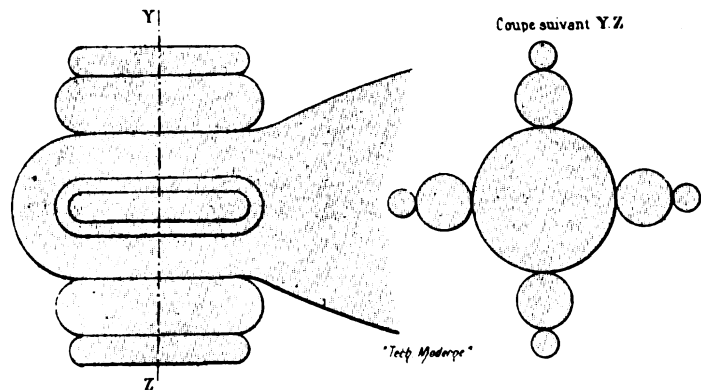


FIG. 52.

sible d'attacher à un ballon des ailerons de ce genre, sans courir de ce fait, quelques dangers de déchirure dans le voisinage de l'assemblage de ces surfaces avec l'étoffe du ballon.

C'était la manière de voir du colonel Renard. Et comme il était également un adversaire irréductible des constructions rigides mises en contact avec les ballons, il s'ingénia à réaliser des empenages complètement souples, et préconisa, dans ce but, l'emploi de ballonnets cylindro-sphériques. Ces idées ont été appliquées par M. Surcouf dans la construction du ballon *Ville-de-Paris* (fig. 52). La stabilité obtenue ainsi fut parfaite, mais il faut convenir qu'au point de vue esthétique ces gros boudins

fixés à une queue cylindrique laissaient beaucoup à désirer. C'est là, sans doute, une question de second ordre; cependant on peut, sans rien sacrifier des avantages qu'on désire obtenir, rechercher des formes agréables à l'œil. Les petits ballons fixés au corps du gros, adoptés pour le *Bayard-Clément* (fig. 53) tout en donnant des résultats pratiques aussi satisfaisants que le dispositif de la *Ville-de-Paris*, sont certainement d'un aspect très acceptable, tout aussi élégants que les ailerons du type *Lebaudy* et beaucoup plus que ceux du *Zeppelin*.

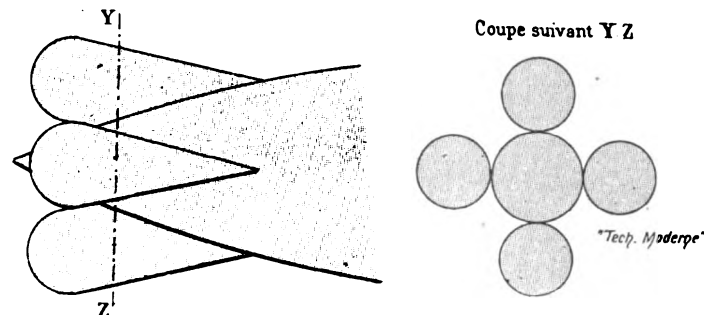


FIG. 53.

Quoi qu'il en soit, en élucidant à fond cette question de la stabilité longitudinale, et en indiquant les moyens de la réaliser, le colonel Renard légua à ses successeurs le moyen de poursuivre l'amélioration des aérostats dirigeables et de profiter, en vue de l'accroissement des vitesses propres, de tous les progrès passés, présents ou futurs dans l'allègement des moteurs. Ce fut le digne couronnement d'une carrière entièrement consacrée au développement de l'aéronautique.

C^t Paul RENARD,

Ancien Sous-Directeur de l'Établissement central d'aéronautique militaire de Chalais-Meudon.

AVIATION

RECHERCHES SUR LA STABILITÉ DES AÉROPLANES⁽¹⁾

(Suite et fin.)

DÉTERMINATION DES CONSTANTES PAR LE CALCUL. — Si on dispose de bonnes tables ou de courbes, indiquant les valeurs de P et Q pour une surface de même forme et de même courbure que celles de l'aéroplane envisagé, il est facile d'en tirer, pour l'angle d'attaque voulu, les valeurs des dérivées de P et Q par rapport à une constante d'après l'angle d'attaque (qui est égal à η) et de calculer, à l'aide des équations (10), les constantes p et q . δ ; le rapport de Q à P , peut être directement obtenu par les tables. Il ne faut pas oublier cependant que P et Q sont les résistances de l'ensemble de l'appareil, surfaces, corps, empenages, gouvernail de profondeur, moteur, haubans, etc. Toutes ces résistances doivent être évaluées aussi bien que possible.

En adoptant les formules de Soreau, nous avons pour les composantes de la résistance :

$$(20) \quad \begin{cases} P = K S v^2 i_0 \\ Q = K S v^2 (i_0^2 + s) \end{cases}$$

Les lettres ont les mêmes significations que dans la partie traitant de la stabilité statique [équation (3)]. s n'a pas la même signification que chez Soreau, car il contient, en outre, la résistance à l'avancement de l'ensemble de l'aéroplane (moins les surfaces portantes). On peut appeler, d'après Soreau, $K S v^2 i_0^2$ la résistance active, parce qu'elle produit la force sustentatrice et $K S v^2 s$ la résistance passive. Le rapport de ces deux parties de la résistance est à :

$$(21) \quad w = \frac{Q \text{ passive}}{Q \text{ active}} = \frac{s}{i_0^2}$$

Une différenciation par rapport à η revient à une différenciation par rapport à i_0 , on obtient donc d'après les formules (10) ⁽¹⁾ :

$$(22) \quad \begin{cases} p = \frac{1}{i_0}; & q = 2 \\ \delta = (1 + w) i_0; & p\delta - q + 1 = w \end{cases}$$

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 10, p. 529, et n° 12, p. 679.

(1) En se servant des nouvelles formules de SOREAU (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 13 juin 1910; *Aérophile*, 1910,

i , étant égal à $\frac{1}{10} - \frac{1}{5}$, on a $p = 5$ à 10 environ; l'expression $p\delta - q + 1$ ne sera pas très loin de 1, $\omega = 1$ étant l'allure la plus avantageuse.

Pour calculer m , nous nous servirons de l'équation (5) donnée dans l'analyse de la stabilité statique. En faisant $\cos \varphi = 1$, il résulte des équations (5) et (10) combinées :

$$(23) \quad m = \frac{G}{I} \tau^2 \left(\frac{\sigma u l}{i_0} + \lambda \right) = \frac{v^2}{g \rho^2} \left(\frac{\sigma u l}{i_0} + \lambda \right)$$

ρ est le rayon d'inertie, défini par $I = \frac{G}{g} \rho^2$; quant à σ , il est défini par la formule :

$$(24) \quad \sigma = \frac{j_0 - j_o}{i_0}$$

c'est le rapport du moment stabilisateur de la surface-queue comparé à celui d'une surface de même grandeur dont l'angle d'attaque est zéro. σ est nul pour $i_0 = j_o$ (queue portante), positif pour $j_o < i_0$, égal à un pour $j_o = 0$ (queue non portante), > 1 pour $j_o < 0$ (queue frappée à sa surface supérieure), négatif pour $j_o > i_0$ (queue surchargée).

Il reste à calculer les constantes π et μ représentant l'influence de la rotation autour du centre de gravité. Il n'y a que la surface-queue qui exerce un effet remarquable à cause de sa grande distance du centre de gravité. Pendant le vol normal, on a pour la force P_i exercée sur la surface-queue l'expression :

$$P_i = k s v^2 j_o = G \frac{u}{i_0} j_o$$

ou $u = \frac{k s}{G}$ d'après l'équation (1). Si nous ajoutons à la vitesse de translation v une vitesse de rotation égale à $l d\omega$ (l = distance du centre de gravité ou longueur de la queue), v n'est pas appréciablement changée en grandeur; mais j_o a subi une variation dj_o , qui s'exprime comme suit :

$$dj_o = \frac{l}{v} d\omega$$

Les variations de P_i et de son moment par rapport au centre de gravité sont alors :

$$\frac{\partial P_i}{\partial \omega} = G \frac{u}{i_0} \cdot \frac{l}{v}; \quad \frac{\partial M}{\partial \omega} = G \frac{u}{i_0} \cdot \frac{l^2}{v}$$

Les équations (10) donnent :

$$(25) \quad \pi = \frac{g}{v^2} \cdot \frac{u l}{i_0}; \quad \mu = \frac{1}{\rho^2} \cdot \frac{u l^2}{i_0}$$

Quant à π il se trouve dans les expressions A_2 et A_3 . Dans A_2 il se trouve dans la combinaison πm à côté de $p\mu$. Or, on a en négligeant λ dans l'expression pour m [équation (23)] (1) :

$$\pi m = \frac{1}{\rho^2} \cdot \frac{u l^2}{i_0} \sigma u; \quad p\mu = \frac{1}{\rho^2} \cdot \frac{u l^2}{i_0}$$

On voit qu'on peut négliger πm auprès de $p\mu$. Dans A_3 on a de même π dans la combinaison $2\delta\pi m$ à côté de $2\delta p\mu$, ce qui permet aussi de le négliger. On peut donc, dans toutes les formules, négliger la constante π .

On voit que la queue a une double fonction; elle produit un

p. 325; les expressions sont moins simples. Les résultats cependant sont très peu modifiés; c'est pour cette raison que je préfère garder les formules de 1908. Il sera toujours facile au lecteur d'introduire les nouvelles formules de Soreau ou celles d'un expérimentateur quelconque.

(1) Il est toujours permis de faire ainsi : si la queue est grande, σ est sans influence; si elle est petite, π est aussi petit et disparaît auprès de 1 dans A_2 .

moment stabilisateur m et un moment amortissant μ ; le premier est proportionnel à la longueur de la queue, le second au carré de la longueur. Plus la queue est longue et plus elle est portante (σ petit), plus le moment amortissant dominera.

DÉTERMINATION DES CONSTANTES PAR L'EXPÉRIENCE. — Pour mesurer les constantes p , q , δ et m sur l'aéroplane même ou sur un modèle réduit, on peut se servir de deux méthodes. La première fait mouvoir l'aéroplane comme un cerf-volant; on l'attache à une corde en son centre de gravité et on le fait enlever par le vent (1), qui doit être horizontal et très régulier. On suspend au centre de gravité, à l'aide d'une ficelle, un poids accessoire, qu'on varie de façon à ce que la corde, qui tient l'appareil, soit horizontale. On obtient ainsi la composante P_i normale au vent, égale au poids de l'aéroplane, y compris le poids accessoire, et la composante Q_i parallèle au vent, égale à la tension de la corde, mesurée à l'aide d'un dynamomètre. Il faut encore multiplier P_i et Q_i par un même facteur dont le produit par P_i donne le poids $P = G$ que l'aéroplane aura en ordre de marche; Q_i fournit alors la résistance à l'avancement Q que possédera l'appareil monté. Le rapport de Q à P nous donne le coefficient de traction δ . Pour déterminer p et q , il faut faire une série d'essais en faisant varier (à l'aide du gouvernail de profondeur) l'angle d'attaque i et mesurer chaque fois ce dernier (par exemple photographiquement). On obtient P et Q en fonction de i ; il suffit de différencier et de diviser par P pour obtenir les constantes p et q . Pour déterminer m on ajoute à la queue un poids P_a sans changer la position du gouvernail de profondeur. L'équilibre se produira alors pour un plus grand angle d'attaque (si l'aéroplane possède la stabilité statique), et on peut, en variant P_a , déterminer le moment $M = P_a l$ en fonction de i . En différenciant par rapport à i , on obtient m à l'aide de la formule (10). La vitesse v de l'aéroplane, qu'il faut connaître pour ce calcul, est facilement obtenue, lorsqu'on a pris soin de mesurer la vitesse du vent pendant l'expérience.

La deuxième méthode concerne l'étude de l'aéroplane en vol plané. Le coefficient de traction δ est égal à la tangente trigonométrique de l'angle de la trajectoire avec l'horizon. En mesurant δ pour différents angles d'attaque, on détermine le vecteur en fonction de i . Cette fonction peut servir à calculer q si on connaît p ; on a :

$$q = \frac{1}{P} \cdot \frac{\partial Q}{\partial i} = \frac{1}{P} \cdot \frac{\partial (P\delta)}{\partial i} = \frac{1}{P} \cdot \frac{\partial P}{\partial i} \delta + \frac{1}{P} P \frac{\partial \delta}{\partial i},$$

ce qui donne :

$$(26) \quad q = p\delta + \frac{d\delta}{di};$$

p peut être calculé, si on mesure également la vitesse dans chaque vol plané, de façon à connaître v en fonction de i . En introduisant dans la formule :

$$dP = \frac{\partial P}{\partial i} di + \frac{\partial P}{\partial v} dv$$

les valeurs des quotients différentiels tirées des équations :

$$p = \frac{1}{P} \cdot \frac{\partial P}{\partial i} \quad \text{et} \quad \frac{\partial P}{\partial v} = \frac{2P}{v} \quad (27)$$

il vient :

$$dP = P \left(p di + \frac{2}{v} dv \right).$$

Or P restant constant dans toute la série d'expériences, on a $dP = 0$, ce qui nous donne :

$$(27) \quad p = - \frac{2}{v} \cdot \frac{dv}{di}.$$

(1) BENDEMANN : *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, 1910, p. 888.

(2) On obtient cette équation en se rappelant que P est proportionnel au carré de v .

Pour déterminer le moment stabilisateur m , on peut employer le même procédé que pour la première méthode. Pour mesurer i , v et l'angle de la trajectoire, on peut se servir de la photographie ou, encore plus avantageusement, du cinématographe (1).

La première méthode a le grand inconvénient de n'être applicable que lorsque le vent est assez fort et en même temps très régulier, ce qui n'arrive pas souvent. Par contre, elle est beaucoup plus facile à exécuter que la deuxième.

EXAMEN DE LA STABILITÉ. — En tenant compte du résultat obtenu, que π peut être négligé, on obtient la condition de stabilité sous cette forme définitive :

$$(19) \quad A_1 A_2 A_3 > A_3^2 + A_1^2 A_4$$

où les coefficients A_1 à A_4 ont les valeurs :

$$(17a) \quad \begin{cases} A_1 = p + \mu \\ A_2 = 2(p\delta - q + 1) + p\mu + m \\ A_3 = 2(p\delta - q + 1)\mu + (2\delta - \varphi)m \\ A_4 = 2m \end{cases}$$

Pour étudier l'influence du moment stabilisateur m et du moment amortissant μ sur la stabilité dynamique, nous allons examiner successivement les deux cas extrêmes $m = 0$ et $\mu = 0$.

PREMIER CAS SPÉCIAL : $\mu = 0$. — C'est ce cas spécial qui a été traité exclusivement jusqu'ici par tous les auteurs (2). Nous verrons cependant à l'examen d'un cas numérique, qu'il donne presque toujours des résultats très éloignés de la vérité.

En admettant $\mu = 0$, la condition de stabilité prend la forme :

$$A_1 A_2 A_3 - A_3^2 - A_1^2 A_4 = 2p(2\delta - \varphi)(p\delta - q + 1)m + (2\delta - \varphi)pm^2 - (2\delta - \varphi)^2 m^3 - 2p^2 m > 0.$$

En négligeant le premier terme auprès du quatrième, le troisième auprès du second, on a :

$$(28) \quad m > \frac{p}{\delta - \frac{\varphi}{2}}$$

comme condition de stabilité. On voit que (dans le cas $\mu = 0$ bien entendu) l'aéroplane est plus stable à la descente qu'à la montée, d'autant plus que m aussi est plus grand dans ce cas-là, comme on l'a démontré lors de la stabilité statique. Si l'angle sous lequel on monte est plus grand que la double valeur du coefficient de traction, la stabilité est impossible même avec une queue infiniment plus grande.

Pour $\varphi = 0$, on peut, en introduisant les valeurs de m , p et δ des équations (22) et (23) en négligeant λ et en admettant $\alpha = 1$, donner à l'inégalité (28) la forme suivante :

$$\frac{\sigma k s l}{I} > \left(\frac{KS}{M}\right)^2$$

où $M = \frac{G}{g}$ est la masse de l'aéroplane. C'est la formule donnée par SOREAU.

DEUXIÈME CAS SPÉCIAL : $m = 0$. — Pour $m = 0$, l'aéroplane manque de stabilité statique, il est en équilibre indifférent ; dévié de sa position d'équilibre, il ne tend pas à y retourner ni à s'en éloigner ; il peut rester dans toute autre position voisine, chacune représentant également une position d'équilibre. Ce cas, qu'il faut naturellement éviter, possède cependant un grand intérêt

(1) FERBER : *L'Aviation*, p. 180 191.

(2) SOREAU dans l'article indiqué plus haut fait mention du moment amortissant, qui a été employé pour les dirigeables par le lieutenant CROCCO (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, décembre 1904) ; mais il ne donne pas de méthode pour évaluer sa grandeur et ne l'introduit pas dans ses formules.

comme une limite dont la plupart des aéroplanes se rapprochent de bien plus près que du premier cas $\mu = 0$.

L'équation caractéristique se décompose pour $m = 0$ en ces deux équations :

$$(29) \quad z^2 + A_1 z^2 + A_2 z + A_3 = 0 \quad \text{et} \quad z = 0$$

et l'équation intégrale prend la forme :

$$\xi = X_1 e^{z_1 x} + X_2 e^{z_2 x} + X_3 e^{z_3 x} + X_4$$

et deux autres analogues pour μ et ζ . X_1 représente l'écartement entre la nouvelle et l'ancienne position d'équilibre. En posant $m = 0$ dans les coefficients A_1, A_2, A_3 , on reconnaît que l'équation du troisième degré se décompose en deux autres :

$$(29a) \quad \begin{cases} z + \mu = 0 \quad \text{et} \\ z^2 + pz + 2(p\delta - q + 1) = 0. \end{cases}$$

p est au moins égal à 5 environ et $p\delta - q + 1$ ne dépassera pas 2 au maximum ; les trois racines sont donc réelles et négatives, et en général pas très près de zéro. On peut alors tirer la conclusion suivante :

Un aéroplane qui, par manque de moment stabilisateur, est en équilibre indifférent, ne revient pas après une déviation dans sa position originale, mais il se rapproche apériodiquement (et assez vite) d'une nouvelle position finale.

EXEMPLE NUMÉRIQUE. — Pour éviter des calculs généraux extrêmement compliqués et pour bien voir en même temps comment on peut employer en pratique ces résultats, nous allons faire l'examen détaillé d'un exemple numérique. L'aéroplane étudié a les dimensions suivantes :

Surface portante $S = 20 \text{ m}^2$;

Angle d'attaque fictif $i_0 = 0,125 = 7^\circ 15'$;

Coefficient de la résistance de l'air $K = k = 0,3$;

Poids total $G = 300 \text{ kg}$;

Vitesse (calculée de $G = KS v^2 i_0$) $v = 20$ mètres par seconde ;

Résistance à l'avancement $F = 75 \text{ kg}$;

Coefficient de traction $= \frac{F}{G} = 0,25$;

Rayon d'inertie $\rho = 1$ mètre ;

D'après ces données, on obtient :

$$p = 8; \quad q = 2; \quad p\delta - q + 1 = 1$$

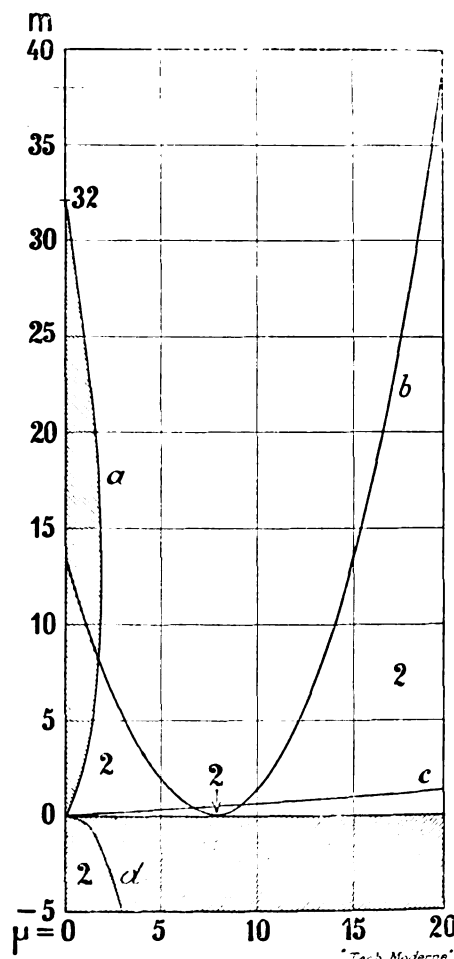


FIG. 6. — Barres transversales de droite à gauche, région d'instabilité statique ; Barres transversales de gauche à droite, région d'instabilité dynamique ; 0, région du mouvement doublement périodique (4 racines complexes) ; 2, région du mouvement simplement périodique (2 racines réelles, 2 complexes) ; 4, région du mouvement apériodique (4 racines réelles).

et les équations (17 a) deviennent :

$$\begin{aligned} A_1 &= 8 + \mu & A_2 &= 2\mu + 0,5 \, m \\ A_3 &= 2 + 8\mu + m & A_4 &= 2 \, m \end{aligned}$$

pour le vol horizontal ($\varphi = 0$), Nous allons examiner la stabilité pour les différentes valeurs de m et μ (moments stabilisateur et amortissant).

Si on admet λ (déplacement du centre de pression) négligeable, les équations (23) et (25) donnent :

$$m = 16\pi sl; \quad \mu = 0,4 sl^2$$

où s est la surface, l la longueur de la queue et σ la valeur définie par (24).

En négligeant μ (comme on l'a fait jusqu'à présent), on obtient la condition de stabilité d'après (28) :

$$m > 32.$$

Avec $\sigma = 1$ (queue non portante), cela donne $s = 1 \, m^2$ pour $l = 5 \, m$, $s = 0,8 \, m^2$ pour $l = 10 \, m$, etc.

En examinant à l'aide de (19) la stabilité pour le cas général $\mu > 0$, on obtient la courbe a de la figure 6 pour limite de stabilité ; la surface à hachures correspond à l'état instable. On remarque qu'une valeur très petite de μ ($\mu > 1,8$) suffit déjà pour avoir la stabilité pour toute valeur de m . La condition exprimée par (28) ne possède en réalité aucune importance pratique, car même dans un aéroplane sans queue μ sera toujours assez grand pour assurer la stabilité pour toute valeur de m .

L'examen de la réalité ou de la complexité des racines nous donne les trois courbes b , c , d de la figure 6, qui séparent la surface en régions à quatre racines réelles, deux réelles, deux complexes et quatre complexes ; ces régions sont indiquées par les chiffres 0, 2, 4, de la figure 6, l'espace 4 correspond aux quatre racines réelles, c'est-à-dire au mouvement apériodique. On voit que, pour avoir cette sorte de mouvement, il faut que μ soit grand et m très petit (environ $m < 0,065 \, \mu$).

Par exemple, avec une queue de $1 \, m^2$, 02 et 7 mètres de longueur on obtient $\mu = 20$. Si la queue est non portante ($\sigma = 1$), on a $m = 114$, par conséquent quatre racines complexes et un mouvement doublement périodique à oscillations rapides. En faisant la queue portante, par exemple de façon que $\sigma = 0,25$, on

a $m = 28,5$, le mouvement n'a qu'une seule périodicité : c'est assurément un grand avantage pour le pilote, car le mouvement doublement périodique d'apparence très irrégulière, doit être extrêmement désagréable. En réduisant m encore plus (queue presque parallèle aux surfaces principales), on a enfin le mouvement entièrement périodique. Pour $m = 1$, par exemple, on obtient les quatre racines réelles suivantes :

$$z_1 = -0,0675; \quad z_2 = -0,1901; \quad z_3 = -7,822; \quad z_4 = -19,921.$$

Deux des racines sont toujours très voisines de zéro, ce qui correspond à un retour lent dans la position d'équilibre (faible amortissement dans le cas du mouvement oscillatoire). Cet inconvénient est inévitable ; il a lieu pour toutes valeurs de m et μ et s'accroît d'autant plus que δ est petit et la vitesse de l'aéroplane grande.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

1. En supposant un moment amortissant minimum (si petit qu'il doit exister dans chaque appareil, même sans queue), l'aéroplane possède la stabilité dynamique, lorsqu'il possède la stabilité statique.

2. Pour avoir un mouvement apériodique ou se rapprochant de l'apériodicité, il faut que le moment amortissant soit grand et le moment stabilisateur petit.

3. Pour obtenir ce résultat, il faut une queue très longue, dont la surface ait un angle d'attaque aussi grand qu'il est possible sans perdre la stabilité statique.

4. Pour ne pas perdre la stabilité statique dans les manœuvres (montée), il ne sera pas possible en général de réaliser pour toute allure le mouvement apériodique ; mais on pourra toujours atteindre un mouvement simplement périodique à oscillations très lentes.

5. La concentration des masses auprès du centre de gravité (σ petit) a une influence légèrement favorable (en augmentant m et μ).

6. Contrairement à une opinion répandue, la queue portante est plus favorable à la stabilité que la queue non portante.

VICTOR QUITTNER,

Docteur ès sciences,
Ingénieur de l'École polytechnique de Zurich.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

LA RÉPARTITION DE LA VENTE ENTRE LES EXPLOITANTS DE POTASSE EN ALLEMAGNE

La crise traversée par le Syndicat de la potasse a donné lieu en Allemagne à une intervention législative qui constitue une innovation dont les pouvoirs publics n'ont pas méconnu la gravité.

Ce serait sortir à la fois du caractère de cette Revue et des limites assignées à un article que d'étudier cette loi dans tous les détails de sa genèse et de son fonctionnement. Il semble plus instructif de se borner à l'analyse de quelques points spéciaux qui intéressent la technique commerciale, et de faire volontairement abstraction des autres éléments visés par le législateur.

C'est donc de propos délibéré que ni la fixation des prix de vente, ni les mesures édictées en faveur des ouvriers, ni la constitution des organes d'application, ni les formes de procédure, ne sont analysées au cours de la présente étude.

La loi allemande, intitulée loi sur la vente des sels de potasse, du 25 mai 1910, a eu pour objet de réglementer la vente des sels de potasse. Elle n'a pas groupé obligatoirement les exploitants, mais elle a limité leur indépendance en matière d'écoulement de leurs produits.

Domaine d'application de la loi. — La loi devait définir avec précision les éléments de cette limitation, c'est-à-dire les matières qu'elle visait, les opérations commerciales qui cessaient d'être libres, les exploitants assujettis.

1° MATIÈRES VISÉES PAR LA LOI. — La loi vise (art. 1^{er}) :

a) Les sels de potasse *bruts*, c'est-à-dire les substances miné-

rales contenant du potassium, extraites des mines de sels de potasse, soit à l'état solide, soit en dissolution ;

b) Les sels de potasse *fabriqués*, c'est-à-dire le chlorure de potassium, le sulfate de potasse, le sulfate de potasse et magnésie, les engrais potassiques, tous autres produits fabriqués contenant de la potasse qui en général sont extraits directement des sels bruts de potasse, ainsi que les résidus potassiques de ces fabrications ;

c) Les sels de potasse *mêlés*, c'est-à-dire les mélanges de sels bruts et de sels fabriqués.

La kieserite ⁽¹⁾ n'est pas un sel de potasse ; le Gouvernement a d'ailleurs manifesté devant le Reichstag, au cours des débats, son intention d'exonérer de l'assujettissement les résidus qui ne contiennent que du sel gemme ou dont la teneur en potassium n'excède pas 2 % ⁽²⁾, ainsi que les engrais qui ne contiennent que la proportion habituelle de potassium ⁽³⁾.

Le loi ne vise point les sels de potasse qui ne sont extraits ni des exploitations ni des fabriques.

En cas de contestation sur la nature d'un sel, le Conseil fédéral statue.

2° OPÉRATIONS RÉGLEMENTÉES. — Les opérations réglementées sont la fabrication et la vente :

a) *Fabrication.* — La fabrication ne doit pas être confondue avec la production : elle n'en constitue qu'une partie : elle ne comprend que la production des sels « fabriqués » définis ci-dessus ; l'extraction des sels « bruts » en est exclue.

Cette distinction établie, la loi institue un monopole de fabrication ; en effet (art. 5), elle déclare que les sels « fabriqués » ne pourront être produits que par les exploitants de mines ou par les exploitants des fabriques « spéciales », et cela pour celles-ci, à cette double condition qu'elles soient de création antérieure à la date d'entrée en vigueur de la loi et qu'elles ne traitent pas une quantité de sels plus considérable qu'avant cette date.

Les infractions à ces règles sont passibles (art. 36) d'une amende de 1 000 marcs et d'un emprisonnement de six mois.

b) *Vente.* — Par vente (*Absatz*), la loi entend (art. 3) tout transfert de propriété à autrui. Elle apporte toutefois trois exceptions à cette règle :

a) Deux exceptions extensives : il y a vente assujettie à la loi : 1° lorsque l'exploitant de la mine livre des sels de potasse à une fabrique exploitée par lui, si cette livraison a pour but la transformation de ces sels en produits non visés par la loi ; en principe, une telle livraison n'est pas une vente ; elle ne le devient que par suite de son but ; 2° lorsque des sels de potasse sont expédiés à l'étranger, et cela lors même qu'il n'y a pas transfert de propriété : en l'absence de cette assimilation de l'expédition à la vente, l'exploitant de mine aurait pu transformer les sels extraits de ses mines dans des usines qu'il aurait possédées à l'étranger et vendre en toute liberté les produits obtenus.

b) Une exception restrictive : il n'y a pas vente assujettie à la loi lorsque l'exploitant de la mine livre à une fabrique autonome des sels de potasse bruts, pour être transformés en produits visés par la loi, si l'exploitant de la fabrique doit se conformer, quant à la vente, aux instructions données par l'exploitant de la mine ; les produits fabriqués sont considérés comme des produits de la mine qui a livré les sels bruts : l'exploitant de la fabrique est subordonné à l'exploitant de la mine au point de vue de la vente, c'est-à-dire des rapports avec les acheteurs, notamment

de la fixation des prix : une telle fabrique a le double caractère que son exploitant est distinct de celui de la mine, mais qu'il est tenu de se conformer, quant à la vente, aux instructions de ce dernier : elle est dénommée *fabrique spéciale* (*Sonderfabrik*). En d'autres termes, bien que distincte de la mine, une telle fabrique peut être, au point de vue de la vente, assimilée à une fabrique exploitée par la mine.

Il existe actuellement huit fabriques spéciales.

D'autre part, la loi exige (art. 4) que la vente à l'étranger soit effectuée directement par l'exploitant de mine ; elle n'admet aucun intermédiaire autonome, c'est-à-dire indépendant de l'exploitant, tel qu'un négociant exportateur ; elle ne tolère que les agents directs de l'exploitant (tels que représentants de commerce et commissionnaires) qui ne peuvent, par suite, fixer les prix indépendamment de la volonté de ce dernier : le législateur a craint ⁽¹⁾ que le négociant exportateur, qui achèterait en gros le produit à un prix moins élevé que le consommateur de détail, ne pût le revendre en détail au consommateur étranger à un prix moindre que le prix de détail national : en d'autres termes, le consommateur étranger aurait été pourvu dans des conditions plus économiques que le consommateur national : le péril n'aurait pu être conjuré que par une surveillance dont la rigueur aurait pesé sur l'ensemble du commerce de la potasse ; mieux valait une interdiction limitée au commerce d'exportation. Les infractions à cette interdiction sont passibles (art. 36) d'une amende de 1 000 marcs et, en cas de récidive, d'un emprisonnement de six mois.

3° EXPLOITANTS ASSUJETTIS. — Les exploitants assujettis sont (art. 6) les exploitants de mines de potasse, soit individus, soit sociétés, soit Etat ; les associations d'exploitants sont assimilées par la loi aux exploitants. Ces associations ne sont autres que des cartels, c'est-à-dire des groupements d'entrepreneurs autonomes constitués en vue de limiter la concurrence notamment à l'égard des acheteurs, soit intermédiaires, soit consommateurs, et cela par des mesures relatives soit à l'extraction, soit aux prix, soit aux conditions de livraison, soit à d'autres éléments d'ordre économique : la forme du cartel est indifférente ; il peut être un syndicat, c'est-à-dire un cartel comportant la centralisation de la vente. Par contre, ces associations ne sont pas des trusts ; car leurs membres conservent un certain degré d'autonomie : un trust de la potasse serait un exploitant individuel, non une association.

De l'assimilation d'une association d'exploitants à un exploitant, il résulte qu'un syndicat de la potasse peut vendre à l'étranger. Les modalités de la vente sont indifférentes ; le syndicat peut, par exemple, acheter à ses membres pour son propre compte et vendre en son propre nom : de même, aux termes de l'ordonnance du Conseil fédéral du 9 juillet 1910, il peut, comme un exploitant individuel, obtenir l'autorisation de vendre une certaine quantité de sels de potasse et répartir cette quantité entre ses membres d'après les conventions qui les unissent.

Par contre, la loi n'oblige nullement les exploitants à se syndiquer. Il convient d'ajouter que les exploitations privées ne perdent pas ce caractère par le fait qu'un Etat y est intéressé ⁽²⁾.

(A suivre.)

Maurice BELLOM,

Ingénieur en chef au corps des mines
Professeur d'économie industrielle
à l'École nationale supérieure des Mines.

(1) SILBERBERG : *Gesetz über den Absatz von Kalisalzen*, vom 25 mai 1910 Halle-sur-la-Saale, 1910, p. 16.

(2) *Bericht der 9. Kommission*, document n° 475, p. 19 et 20.

(3) *Reichstags Stenogramm*, p. 2995.

(1) Déclaration du ministre du Commerce à la Commission, document n° 475, p. 21.

(2) Déclaration du ministre du Commerce à la Commission, document n° 475, p. 82.

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

AUTOMOBILE (INDUSTRIE DE L')

La puissance des moteurs d'automobile (1).

On ne peut donner de formule moyenne que pour les moteurs à quatre temps. Enumérons d'abord les diverses formules adoptées pour la puissance suivant le tableau I ci-dessous :

TABLEAU I.

DÉSIGNATION du fabricant	FORMULES	OBSERVATIONS
Associat. des Fabric. d'Autom. (Licences diverses) A.L.A.M. Royal Auto Club (Angleterre) Automobile-Club de France	$HP = \frac{D^2 N}{2,5} 0,4 D^2 N$ $HP = 0,405 D^2 N$ $HP = 0,45 D^2 N$	$D = \text{diam. du cyl. en pouces}^{(2)}$. $N = \text{nombre de cyl.}$ $\text{Vitesse du piston} = 1\,000 \text{ pieds}^{(2)} \text{ par minute.}$
Royal Auto Club (Suède)	$HP = \frac{D^2 S N n}{15\,240}$	$D = \text{diam. du cyl. en pouces.}$ $S = \text{course en pouces.}$ $n = \text{nombre de tours par minute.}$ $N = \text{nombre de cyl.}$
Associat. des Propriét. de canots autom. de New-York N. Y. M. B. A.	$HP = \frac{A N S n}{850}$	$A = \text{sect. du cyl. en pouces carrés.}$ $N = \text{nombre de cyl.}$ $S = \text{course en pieds.}$ $n = \text{nombre de tours par minute.}$

Pour comparer ces diverses formules, on leur a donné la même forme, à la valeur d'une constante près.

Prenons par exemple la formule de l'Association des fabricants d'automobiles (licences diverses), laquelle est basée sur une vitesse de piston de 1 000 pieds par minute. On peut écrire :

$$\text{vitesse du piston} = 1\,000 = \frac{2 \times \text{course en pouces} \times \text{R.P.M.}}{12}$$

le symbole R. P. M. signifiant : nombre de tours par minute. Or :

$$\text{R.P.M.} = \frac{6\,000}{\text{course en pouces}} = \frac{500}{\text{course en pieds}}$$

La formule précitée s'écrit donc :

$$HP = 0,4 ND^2 (R.P.M.) \left(\frac{\text{course en pieds}}{500} \right)$$

ou :

$$HP = \frac{ND^2 S \times \text{R.P.M.}}{1\,250}$$

1) Cette étude a été rédigée d'après les renseignements que donnent MM. Kessler et Lewis dans *American Machinist*, et d'après une enquête faite par ces ingénieurs auprès de trente fabriques de moteurs d'automobile des plus importantes. La mise au point de ce travail a été faite à Sibley College, Cornell University, sous le contrôle des professeurs Hirshfeld et Diederichs.

2) 1 pouce anglais ou américain = 0^m,025 : 1 pied = 0^m,304.

En transformant les autres formules de la même façon, on peut dresser le tableau II ci-après :

TABLEAU II.

DÉSIGNATION DU FABRICANT	FORMULES	OBSERVATIONS
Assoc. des Fabric. d'Autom. (Licences divers.)	$HP = \frac{ND^2 S \times \text{R.P.M.}}{1\,250}$	$D = \text{alésage en pouces.}$
Royal Auto Club (Angleterre)	$HP = \frac{ND^2 S \times \text{R.P.M.}}{1\,235}$	$N = \text{nombre de cylindres.}$
Automobile-Club de France	$HP = \frac{ND^2 S \times \text{R.P.M.}}{1\,112}$	$S = \text{course en pieds.}$
Royal Auto Club (Suède)	$HP = \frac{ND^2 S \times \text{R.P.M.}}{1\,270}$	$\text{Vitesse du piston} = 1\,000 \text{ pieds par minute.}$
Assoc. des Propriét. de canots autom. de New-York	$HP = \frac{ND^2 S \times \text{R.P.M.}}{1\,082}$	$\text{R.P.M.} = \text{nombre de tours par minute.}$

En prenant la moyenne des constantes de ces formules, on obtient :

	CONSTANTE
A.L.A.M.	1 250
Angleterre	1 235
France	1 112
Suède	1 270
N.Y.M.B.A.	1 082
Moyenne	1 189

Donc : la « formule moyenne pour la puissance des moteurs d'automobile à quatre temps » est :

$$HP = \frac{ND^2 S \times \text{R.P.M.}}{1\,189}$$

Il faut noter que la formule N. Y. M. B. A. donne la puissance de moteurs marins à quatre temps dont la vitesse est plus lente, le rendement volumétrique plus grand et la constante, par suite plus faible, que dans le cas des moteurs d'automobiles.

Si l'on excepte cette formule, la moyenne des quatre autres constantes est : 1 216, soit environ 1 200.

La formule moyenne sera alors :

$$HP = \frac{ND^2 S \times \text{R.P.M.}}{1\,200} \quad (S \text{ en pieds})$$

ou :

$$HP = \frac{ND^2 S \times \text{R.P.M.}}{14\,400} \quad (S \text{ en pouces}).$$

En ramenant cette dernière à la forme originale, pour une vitesse de piston de 1 000 pieds par minute, on a :

$$(1) \quad HP = \frac{D^2 N}{2,4}$$

ce qui est sensiblement la formule A.L.A.M. du tableau I, en prenant la constante = 2,5 pour la commodité des applications.

Puissance maxima. — Les auteurs ont déterminé, pour vingt-huit moteurs américains, la surcharge qu'on pourrait leur imposer et, par suite, la puissance maxima dont est susceptible,

en moyenne, sans augmentation de vitesse, un moteur de puissance normale déterminée, pour une vitesse de piston de 1 000 pieds par minute.

La formule moyenne de puissance normale étant :

$$HP = \frac{ND^2S \times R.P.M.}{1\,200}$$

celle de puissance maxima sera :

$$\text{Max. HP} = \frac{ND^2S \times R.P.M.}{K}$$

On a trouvé pour K la valeur moyenne : 1 120. Donc, pour une vitesse de piston de 1 000 pieds par minute, la « formule moyenne de puissance maxima » est :

$$(2) \quad \text{Max. HP} = \frac{ND^2S \times R.P.M.}{1\,120}$$

En comparant les formules 1 et 2, on peut déduire qu'un moteur courant, à la vitesse de 1 000 pieds par minute, supporte une surcharge de 7 %, par rapport à sa puissance normale.

Influence des rendements volumétrique et mécanique sur la puissance des moteurs. — Le tableau III ci-dessous résume une série d'essais sur un moteur Franklin, de MM. Lay et Evans.

TABLEAU III.

ALÉSAGE = 4" COURSE = 4" 4 CYLINDRES						
n	E.HP	K	Rendem. volum. (chaud)	K'	Rendem. mécan.	K''
700	12,4	14 430	75	10 800	67	7 200
1 000	17,1	14 960	63	9 400	74	7 000
1 200	19,5	15 730	59	9 300	77	7 200
1 500	21,4	17 930	53	9 500	78	7 400
700	12,2	14 720	76	11 200	67	7 500
1 000	16,8	15 250	67	10 200	64	7 500
1 200	21,4	14 370	62	8 800	78	6 900
1 500	23,2	16 560	57	9 400	79	7 400

Les notations sont les suivantes :

n = nombre de tours par minute ;

E HP = puissance effective ;

K = valeur du produit D^2SN par cheval effectif ;

K' = valeur que prendrait K en admettant un rendement volumétrique de 100 % ;

K'' = valeur que prendrait K' en admettant un rendement mécanique de 100 %.

D'autre part, on a précédemment établi la formule :

$$E.HP = \frac{ND^2S.n}{14\,400} \quad (S \text{ en pouces}),$$

et on s'en est servi pour calculer les valeurs de K portées dans le tableau III, en posant :

$$E.HP = \frac{ND^2S.n}{K}$$

d'où l'on tire, par exemple :

$$K = \frac{16 \times 4 \times 4 \times 700}{12,4} = 14\,430$$

$$K' = 14\,430 \times \frac{75}{100} = 10\,800 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{pour un rendem. volumétrique de 100 \%} \\ \text{et un rendem. mécanique de 67 \%} \end{array} \right.$$

$$K'' = 10\,800 \times \frac{67}{100} = 7\,200 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{pour un rendem. volumétrique de 100 \%} \\ \text{et un rendem. mécanique de 100 \%} \end{array} \right.$$

La moyenne des valeurs de K'' est 7 200.

Connaissant l'un ou l'autre des rendements volumétrique ou mécanique, on peut déterminer l'autre, comme suit :

Soit un rendement mécanique de 80 %. On a :

$$K' = \frac{7\,200}{0,80} = 9\,000.$$

et le rendement volumétrique :

$$\text{est } \frac{9\,000}{K} \quad \text{avec} \quad K = D^2SN.$$

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX. — *Poids du moteur (complet).* — L'équation qui lie le poids à la puissance effective (cette dernière calculée par la formule A. L. A. M.) a été déduite d'un graphique. Elle s'applique aux moteurs deux, quatre ou six cylindres, de 5 E HP et au-dessus.

$$W_e = 11,55 \times E.HP + 114 \text{ livres ;}$$

W_e = poids du moteur (complet) en livres ;

E HP = puissance effective d'après la formule de A. L. A. M.

Rapport de la course à l'alésage. — Pour les voitures américaines, on a la relation :

$$L = 1,43D - 1,62 \text{ pouces, dans laquelle :}$$

L = course en pouces ;

D = alésage en pouces.

L'étude de soixante moteurs étrangers a fourni la relation :

$$L = 3,1D - 6,8 \text{ pouces.}$$

On voit que les moteurs étrangers ont des courses plus grandes.

Rapport entre la manivelle et la longueur de bielle. — On a :

$$L_{co} = 4,35 R ;$$

L_{co} = longueur de bielle (du centre du pied de bielle, ou de la traverse de piston au centre du maneton de manivelle) ;

R = longueur de manivelle.

C. LONGUE,

Ingenieur des Arts et Manufactures.

AVIATION

Calcul de la hauteur atteinte par un aéroplane.

Pour faciliter le calcul de la hauteur atteinte par un aéroplane et déterminée par la formule connue :

$$(1) \quad H_x = \frac{b}{\cotg A + \cotg C},$$

où A et C sont les angles de sites et b la distance séparant les deux observateurs, MM. le C^e Ferrus et le Cap^e Raguet, de la section technique de l'artillerie, ont construit un abaque représentatif de cette formule pour le cas où b = 200 mètres (1).

L'emploi de cet abaque ne laisse pas que de présenter certaines difficultés de lecture en raison de l'enchevêtrement du grand nombre de lignes qui le composent. L'interpolation y est en outre peu sûre et la fixation de la base b à 200 mètres présente des inconvénients que l'on aperçoit bien.

Or, la supériorité des nomogrammes à points alignés, dont le type a été créé par M. l'ingénieur en chef des Ponts et Chaussées M. d'Ocagne, sur les représentations de ce genre est aujourd'hui aussi connue qu'incontestée. Nous avons donc pensé être utile en construisant le nomogramme figuré page 103.

Utilisation du nomogramme. — Pour obtenir à l'aide de ce nomogramme la valeur H_x , on y place un transparent sur lequel a été préalablement tracé un trait fin que l'on fait passer par les points de cote (A) et (b) des échelles correspondantes. Le support H_x se trouve ainsi coupé en un certain point dont on se

(1) *La Technique Moderne*, t. II, n° 13 (déc. 1909), p. 626. — *Avia*, numéro du 15 janvier 1910, p. 4.

sert comme d'un pivot (*) pour un deuxième alignement dont la position sera fixée en l'amenant à recouvrir par le point de cote (C). On obtient de cette façon un deuxième pivot sur l'échelle b , qui avec l'aide du point $(A + C)$, détermine une nouvelle position de l'index coupant cette fois l'échelle H_x au point de cote cherchée.

Ces diverses opérations sont schématiquement indiquées sur la figure inscrite en haut et à droite du nomogramme.

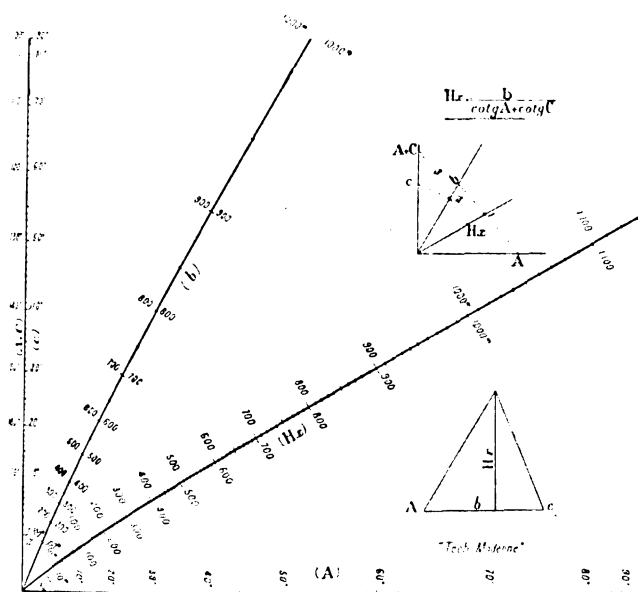
Construction du nomogramme. — Ce nomogramme a été obtenu en transformant l'équation (1) dans la suivante :

$$H_x \sin(A + C) = b \sin A \sin C$$

et en posant :

$$\begin{aligned} b \sin A &= N \\ N \sin C &= M \\ H_x \sin(A + C) &= M. \end{aligned}$$

Ces relations transformées logarithmiquement rentrent alors



Abaque pour faciliter le calcul de la hauteur atteinte par un aéroplane.

dans le type d'équations représentables par un nomogramme à points alignés à trois échelles rectilignes concourantes (*). Ce nomogramme de la figure ci-dessus a été obtenu en prenant $h = 1$, $k = 10$ et pour modules $lA = l_b = 0,50$, $lC = lA + C = l_{H_x} = 0,50\sqrt{3}$, les supports étant inclinés à 30° .

L. POTIN,

Licencié ès sciences.

Attaché aux chemins de fer de l'Etat.

CHEMINS DE FER

La huitième session de l'Association du Congrès international des chemins de fer (Berne, 4-16 juillet 1910).

(Suite et fin *.)

Quatrième Section : QUESTIONS D'ORDRE GÉNÉRAL. — *Influence des voies navigables sur le trafic des chemins de fer.* — Les voies navigables jouent beaucoup plus souvent le rôle de concurrents du chemin de fer que d'affluents (sauf, peut-être, en Amérique).

Les éléments influents de l'un et l'autre trafic sont les suivants : Prix du transport moins élevé pour la voie d'eau (Les voies d'eau, en effet, ne tirent aucun profit du capital d'établissement

qui est fourni par l'Etat, et de l'entretien qui est également fait aux frais de l'Etat).

Influence de la situation des destinataires, selon qu'ils sont riverains à la voie d'eau ou au chemin de fer.

Durée des trajets, moindre pour les chemins de fer.

Nature des marchandises supportant plus ou moins bien l'un ou l'autre des modes de transports.

Variations d'activité des transports, qui sont supportées beaucoup mieux par les chemins de fer que par les bateaux.

Une compagnie de chemins de fer n'a intérêt à collaborer avec la voie d'eau que dans trois cas :

1° Quand il lui est interdit de réaliser les abaissements de prix nécessaires pour retenir le trafic sur tout le parcours ;

2° Quand elle peut amener à la voie d'eau ou lui reprendre des marchandises dont le transport serait assuré de bout en bout par une compagnie rivale ;

3° Dans un pays où le réseau ferré ne dessert pas toutes les régions et quand le chemin de fer relie d'abord entre eux les centres qui ne possèdent pas de voies navigables.

Etablissement des statistiques. Classification des dépenses d'exploitation. — Le Congrès estime que les statistiques, pour être utiles aux services de l'exploitation, doivent être mises le plus tôt possible à leur disposition.

Chaque statistique, pour permettre la réduction des dépenses dans le service auquel elle s'adresse, doit être libérée de toutes les dépenses qui s'y rattachent indirectement.

Il y a intérêt à poursuivre, dans la mesure où la chose est possible, l'unification des statistiques de tous les pays.

Factage, ramionnage et correspondances par automobiles. — Il y a intérêt à améliorer les relations sur routes entre les gares et les localités qui en sont éloignées.

D'autre part, les services actuels d'automobiles sont encore trop restreints pour que l'on puisse tirer des conclusions précises sur leurs avantages et leurs inconvénients. Cette question est à l'ordre du jour.

Transport des denrées périssables. Wagons réfrigérants. — Le développement du transport des denrées périssables est subordonné avant tout aux soins donnés à ces marchandises en vue d'assurer leur bonne conservation jusqu'à l'arrivée. Ces soins dépendent principalement des expéditeurs.

Les expéditeurs devraient pouvoir choisir des itinéraires plus ou moins rapides, les transports étant taxés suivant les itinéraires demandés.

Les transports avec réfrigération deviennent surtout intéressants lorsqu'il s'agit de grandes distances. En ce qui concerne les transports internationaux, en raison des soins de détails qu'ils exigent sur tout leur parcours, il semble qu'il y aurait intérêt à ce que l'exploitation par wagons réfrigérants fût confiée à des entreprises particulières. L'emploi des emballages dits « emballages perdus » est à répandre en raison des difficultés de retour des emballages ordinaires.

Enfin, il serait désirable, pour supprimer les difficultés à l'arrivée, de développer, au point de vue de la proportion des déchets de route, les dispositions des ententes internationales.

CHEMINS DE FER ÉCONOMIQUES. — *Simplification de l'exploitation des lignes à faible trafic des grands réseaux.* — Cette simplification a fait l'objet de nombreuses études et l'attention s'est portée sur l'usage des automotrices ; néanmoins, cet emploi ne peut aboutir à la suppression des trains mixtes, et il est désirable de poursuivre l'étude des petites locomotives susceptibles des mêmes simplifications de conduite que les automotrices.

Exploitation des chemins de fer économiques. — Parmi les divers systèmes d'exploitation, affermage, exploitation par un concessionnaire, aucun ne peut être recommandé d'une façon générale. Les conditions d'exploitation doivent engager en tout temps l'exploitant à mieux desservir le public, à développer le trafic et

(1) Matérialisé, par exemple, par une épingle piquée en ce point.

(2) M. D'OCAGNE : *Traité de nomographie*, p. 176. Paris, 1899 ; *Calcul graphique et nomographie*, p. 263. Paris, 1908.

(3) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 1, p. 37.

à augmenter le nombre des trains. Cette question reste à l'ordre du jour.

Types les plus récents de voies, locomotives, voitures, wagons.

— Quand l'écartement n'est pas déterminé, celui de 1 mètre semble recommandable, une déclivité de 40 mm. par mètre ne doit pas être dépassée; on ne doit admettre les courbes de petit rayon qu'en cas de nécessité absolue.

Dans les lignes à grand trafic, il sera prudent, dans l'infrastructure et la voie, de prévoir des charges de 10 tonnes par essieu.

Dans les locomotives, on peut avoir recours à la surchauffe, au compoundage et à la pression élevée de la vapeur (14 atmosphères).

Si les machines sont exposées à un dégagement intense de poussières, il faut protéger le mécanisme par des enveloppes. Si les lignes traversent des localités où la circulation est intense et si les locomotives ne peuvent être tournées à chaque extrémité de parcours, le mécanicien devra avoir deux plates-formes avec chacune un mécanisme de commande, de façon à pouvoir toujours se tenir à l'avant. Si la conduite de la locomotive est confiée à un seul agent, il faut que, du train, on puisse accéder à la plate-forme de cette locomotive.

Transbordement. — Le transbordement à niveau ne constitue pas pour le trafic une charge trop onéreuse; néanmoins, pour certaines marchandises, il y a intérêt à diminuer la main-d'œuvre de transbordement par l'emploi de wagons transporteurs, d'estacades, de fosses. L'essai des essieux extensibles qui permettent aux wagons d'aller sur voies étroites et voies normales a été fait avec succès en Allemagne, en Autriche, en Chine et en Russie.

La clôture des travaux a été prononcée le 15 juillet par le président, M. Weissenbachs.

Fernand DUBAR,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

Le XVI^e Congrès international de tramways et de chemins de fer d'intérêt local (Bruxelles, 6-11 septembre 1910).

Faisant suite aux Congrès de Milan tenu en 1906, de Munich en 1908, le XVI^e Congrès international s'est tenu en 1910 à Bruxelles, du 6 au 11 septembre.

Nous extrayons, des rapports qui y ont été présentés et qui avaient été établis d'après les réponses à des questionnaires détaillés, de toutes les compagnies prenant part à ce Congrès, les conclusions suivantes qui intéressent les différentes branches de l'industrie :

STATIONS CENTRALES A GAZ PAUVRE, A MOTEURS DIESEL ET A COMBUSTIBLES AUTRES QUE LE CHARBON. — M. Ch. Thonet estime, d'après les conclusions du rapport très documenté qu'il a établi sur cette question, que les installations des stations centrales au gaz pauvre faites dans les conditions techniques nécessaires au point de vue des gazogènes, épurateurs et gazomètres, comportant de plus des moteurs à quatre temps, ont donné satisfaction sous le rapport de l'économie réalisée et de la régularité du fonctionnement.

Il faut éviter les installations soi-disant économiques faites avec des gazogènes réduits, en supprimant certains appareils complémentaires et en marchant à aspiration directe pour économiser le gazomètre; il faut en tous cas proscrire, pour l'instant, les moteurs à deux temps à double effet dont la construction donne lieu à des avaries graves.

L'on arrive à ventiler suffisamment et à rejeter les gaz assez haut dans l'atmosphère pour que les questions d'odeur n'interviennent plus désormais. Quant aux vibrations, elles sont amorties par des fondations très compactes et l'emploi de feutres spéciaux.

Enfin, les eaux sales sont épurées au moyen de filtres et du fer pour en éliminer le soufre.

Les installations de ce genre étant encore en très bon état après quatorze ans de service, l'amortissement peut se prévoir, avec certitude, en vingt ou vingt-cinq ans.

En ce qui concerne le prix de revient du cheval-heure, l'on est arrivé à la station de Beyrouth, où la houille coûte 35 francs, à abaisser le prix de revient du cheval-heure d'un moteur à gaz pauvre de 250 HP à 0 fr. 016, ce qui ne peut être atteint par aucune machine à vapeur ne dépassant pas 500 chevaux et où le charbon coûte en moyenne 30 francs.

Moteur Diesel. — Ce moteur est à combustion lente, son diagramme indicateur ressemble à celui d'une machine à vapeur à admission variable. Son cycle est à 4 temps : 1^o descente du piston, aspiration de l'air pur ambiant par la soupape d'admission; 2^o le piston remonte, compression de l'air jusqu'à 35 atmosphères environ, élévation de la température de cet air à 600 degrés environ; 3^o injection d'huile par l'ajutage central dans l'air chauffé et combustion au fur et à mesure de son introduction pendant une partie de la course du piston qui continue sous la détente des gaz; 4^o le piston remonte et les gaz brûlés sont expulsés par la soupape d'échappement.

Le liquide combustible est refoulé par une pompe et pulvérisé par de l'air comprimé qui pénètre en même temps que lui. Cet air servant à l'injection est comprimé (à 50-60 atmosphères) par un compresseur étagé actionné par la machine.

Le cycle de ce moteur présente certaines particularités; il ne peut y avoir allumage prématuré pendant la compression; le combustible est injecté et brûlé dans l'air comprimé progressivement, ce qui facilite le passage d'un temps à un autre et rend le diagramme du moteur semblable à celui d'une machine à vapeur (fig. 1); il est facile de brûler les huiles lourdes très bon marché; enfin, la mise en marche est instantanée. La consommation de ce moteur est en général de 225 à 240 grammes d'huile par cheval, soit 300 à 350 grammes par kilowatt-heure; les frais d'entretien sont peu élevés.

Si l'huile coûte 7 francs les 100 kg., le prix du kilowatt-heure en combustible avec un moteur Diesel est de 2,27 centimes.

Comme installation, le moteur Diesel coûte de 200 à 400 francs

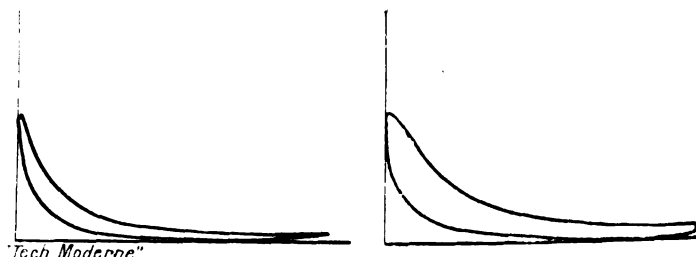


FIG. 1.

Marche : à vide.
Ressort : 6 mm. = 1 kg.
Charge : 0 kw.
Combustible : naphte Bornéo.
Pression d'admission : 47 atm.
Eau de refroidissement : 40° C.
Nombre de tours : 190.

Marche : Pleine charge.
Ressort : 6 mm. = 1 kg.
Charge : 160 kw.
Combustible : naphte Bornéo.
Pression d'admission : 57 atm.
Eau de refroidissement : 55° C.
Nombre de tours : 182.

par HP au lieu de 800 à 2000 francs pour le moteur à gaz pauvre.

En résumé : si le prix de l'huile dépasse 14 francs les 100 kg. et le charbon 30 francs la tonne, il y a intérêt à adopter le moteur à gaz pauvre. D'une manière générale, quand l'huile coûte 50 à 60 francs les 1.000 kg. (Russie) et le moteur Diesel 200 à 250 francs le cheval installé, il y a intérêt à adopter ce moteur.

Les moteurs à gaz pauvre ne seront installés avantageusement que dans les pays où le charbon coûte plus de 30 francs les 1.000 kg., où l'huile est d'un prix élevé et l'eau rare.

Le diagramme ci-dessous (fig. 2) représente le diagramme d'essai d'un moteur de 300 HP. 3 cylindres, à la station centrale des tramways de Sébastopol en mai 1910. La consommation en naphle a été un peu élevée du fait d'une consommation exagérée d'eau qui a refroidi les cylindres; malgré cela, cette consommation n'a pas dépassé la stipulation du contrat qui donne 288 grammes $\pm 10\%$, c'est-à-dire 316 gr. 8 de naphle par kilowatt-heure. La consommation d'eau a d'ailleurs été réduite après les essais.

Ajoutons enfin que la plupart des installations de moteurs à

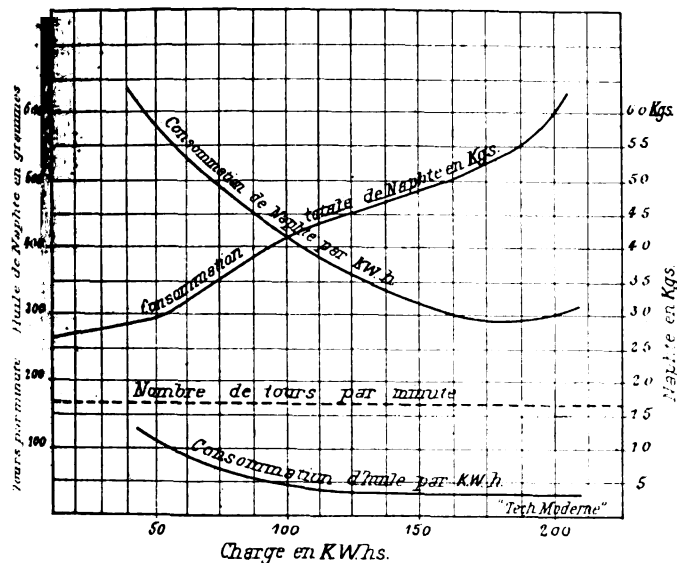


FIG. 2. — Courbes d'essais d'un moteur Diesel de 300 HP.

gaz pauvres bien étudiées et complètes comportent les appareils suivants.

- 1° Gazogène avec saturateur ou chaudière annulaire intérieure;
 - 2° Réchauffeur d'air saturé (deux tuyaux de fonte concentriques);
 - 3° Refroidisseur et condenseur de poussières, colonne en tôle de large section avec plateaux horizontaux sur lesquels l'eau tombe en cascade, le gaz traversant ainsi plusieurs rideaux d'eau;
 - 4° Ventilateur-épurateur à injection centrale d'eau où les poussières, le soufre et les goudrons contenus dans l'eau disparaissent presque entièrement.
- Ce ventilateur comprime également les gaz dans le restant de la conduite jusqu'aux soupapes d'admission;
- 5° Laveurs à coke ou scrubbers, colonnes où le gaz abandonne encore des poussières et du soufre;
 - 6° Epurateurs chimiques : vastes caissons en tôle contenant sur deux ou trois claies un mélange d'oxyde de fer et de fibre de bois qui fixe le soufre restant dans le gaz. Après ce passage, le gaz ne doit plus noircir le papier au sous-acétate de plomb;
 - 7° Gazomètres.

(A suivre.)

Fernand DUBAR,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

ELECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Le four électrique (système Nathusius).

PRINCIPE. — Le four Nathusius est à la fois un four à arc et un four à résistance : le but de l'inventeur était de réunir les avantages du four Héroult et du four Girod.

Trois électrodes de charbon, formant les sommets d'un triangle équilatéral, pénètrent normalement à la voûte du four circulaire et sont connectés, comme l'indique la figure 1, à un générateur ou à un transformateur triphasé. Trois électrodes

d'acier pénètrent dans la sole, mais elles n'arrivent pas jusqu'au bain et sont recouvertes d'une masse conductrice. Le bain est traversé normalement par des courants reliant les électrodes supérieures entre elles, les électrodes inférieures entre elles et les électrodes supérieures aux électrodes inférieures.

Les trois arcs qui se forment permettent d'obtenir une réaction superficielle très vive comme dans le four Héroult; mais le bain n'est pas seulement superficiellement chauffé, il l'est aussi intérieurement, comme dans le four Girod, par les courants se produisant à l'intérieur du bain. Tout le contenu est soumis à une certaine rotation par suite du champ tournant, ce qui rend le mélange très homogène.

La disposition spéciale des électrodes inférieures transforme la sole du four en une grande surface chauffante; elle a en outre l'avantage de servir de tampon électrique contre les brusques soubresauts de courant qui se produisent dans les fours à arc. De fait, le four peut être monté directement sur le réseau de l'usine.

Un transformateur auxiliaire permet de faire passer, dans les électrodes inférieures, des courants très intenses destinés à chauffer, à la température voulue, le bain par la partie inférieure, ce qui peut servir, par exemple, pour le raffinage de l'acier.

Le commencement de cette opération demande un chauffage intense, en particulier de la scorie supérieure, tandis qu'il suffit d'une quantité de chaleur beaucoup moindre pour la période d'oxydation; on peut alors mettre hors circuit les électrodes supérieures et n'amener le courant au four que par les électrodes inférieures.

ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE. — Aux aciéries de Friedenshütte, l'énergie électrique est fournie par un transformateur triphasé, dont la partie à haute tension est branchée sur le réseau à 6 000 volts de l'usine, sans que la centrale ait eu à en souffrir.

L'enroulement à basse tension est construit de telle façon que les deux extrémités de chacune des trois bobines aboutissent à l'extérieur du transformateur. Une extrémité de chacune des trois bobines est réunie à une électrode supérieure, pendant que l'autre extrémité est connectée à l'électrode inférieure correspondante.

Les conducteurs sont en cuivre plat et calculés pour une intensité permanente de

2 500 ampères. Le transformateur peut fournir d'une façon permanente 550 kw. et donne, pour la partie à basse tension, une tension composée de 110 volts, ce qui correspond à une tension simple ou tension de phase de 63

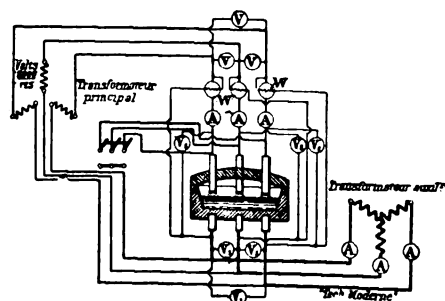


FIG. 1. — Schéma des connexions du four.

volts. Un commutateur permet de court-circuiter les conducteurs menant aux électrodes supérieures. Il est donc possible, en retirant ces dernières, de chauffer le four uniquement avec les électrodes inférieures.

De nombreux instruments de mesure permettent de contrôler, à chaque instant, la marche de l'appareil. Sur le circuit à haute tension du transformateur sont placés des voltmètres, des ampèremètres et des compteurs.

Des ampèremètres A sont placés sur chacun des trois conducteurs des électrodes supérieures, et la tension entre ces dernières est donnée par les voltmètres V.

Les instruments V, permettent de mesurer les tensions entre les électrodes supérieures et inférieures, et les instruments V,

celles entre les électrodes inférieures. Sur chaque phase du circuit à basse tension se trouve un wattmètre W.

Le transformateur auxiliaire, d'une puissance de 150 kw., est également branché sur le circuit de 6000 volts de la centrale et permet d'obtenir les basses tensions suivantes : 16,2, 19, 22, 28, 33, 38 volts.

LE FOUR. — Le four étudié pouvait contenir entre 5 tonnes et 5 tonnes 1/2 d'acier en fusion. Sa construction est très simple; il

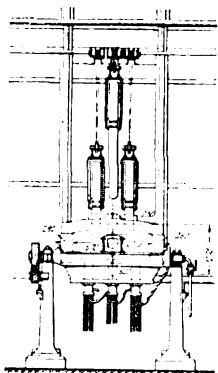


Fig. 2. — Four Nathusius
(vue de face).

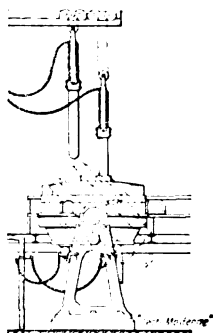


Fig. 3. — Four Nathusius.
(vue de côté).

est rond et, comme un convertisseur, entouré d'un cercle reposant par deux tourillons sur des chevalets. Le renversement du four s'obtient hydrauliquement. Le four se compose essentiellement de deux parties : le laboratoire et le couvercle mobile, recouverts tous deux de tôle.

Comme le montrent les figures 2 et 3, le diamètre extérieur est de 2.730 mm., l'épaisseur des parois de 280 mm. Le diamètre intérieur est de 2.170 mm. L'épaisseur du couvercle est de 250 mm., celle de la sole de 600 mm., dont une épaisseur de 200 mm. recouvre le sommet des électrodes inférieures en acier coulé. La distance du sommet de la voûte à la sole est de 670 mm. et la profondeur du bain de 300 mm. pour une contenance de 5 tonnes.

Le four possède trois portes symétriquement placées sur la périphérie.

On peut voir sur les figures 2 et 3 que les électrodes supérieures sont complètement indépendantes du four; elles se composent de blocs de charbon d'une section 250 × 250 mm. et d'une longueur de 2 mètres. Le courant leur est amené par douze lames de cuivre flexibles.

Aux électrodes de la sole aboutissent six câbles provenant du transformateur principal et six câbles provenant du transformateur auxiliaire. La partie inférieure de ces électrodes de 220 mm. est refroidie par une conduite d'eau ordinaire.

La garniture de toute la partie inférieure du four est de la dolomie; la masse conductrice recouvrant les électrodes inférieures est aussi de la dolomie calcinée.

Le couvercle est maçonné avec des matières très argileuses.

La résistance du laboratoire est convenable; le couvercle dure six semaines.

L'EXPLOITATION. — Au début de l'opération, on travaille avec une intensité de courant plus grande qu'à la fin, lorsque le bain a atteint la température voulue. Malgré cela, la variation des tensions est faible : la tension entre les trois électrodes de charbon fut presque toujours de 100 volts (maximum 110 volts); la tension entre les électrodes supérieures et inférieures se maintient aux environs de 60 volts (± 4). La tension entre les électrodes inférieures est toujours faible; elle varie un peu pour les trois électrodes (jusqu'à 4 volts de différence), et cela probablement à cause de différences de résistance dans la matière

conductrice où elles pénètrent. D'autre part, la conductibilité de la sole varie avec la température; il en est de même de la tension. Si cette dernière est de 15 à 20 volts pour le four légèrement chauffé, elle peut tomber aux environs de 12 volts pour une température plus élevée.

La consommation pour 5 tonnes à 5 tonnes 1/2 a varié de 1700 à 2000 kw.-heures, ce qui correspond pour la tonne à 300 ou 400 kw.-heures. Ces chiffres paraissent assez élevés, mais l'on opérait avec des charges très douces, demandant un long affinage, et la disposition de l'usine était si défavorable, que l'acier Thomas arrivait au four très refroidi. M. Neumann a assisté à une charge faite dans de très mauvaises conditions : l'intérieur du four était seulement à 990° et la matière obtenue au procédé Thomas s'était refroidie à 1450°. Malgré cela l'opération a été terminée en trois heures et demie et a demandé 309 kw.-heures. Le rendement serait évidemment beaucoup meilleur si le four travaillait dans des conditions normales.

Au point de vue de l'affinage, le four donne des résultats satisfaisants. La déphosphoration s'obtient en une heure ou une heure et demie. Voici, d'ailleurs, quelques chiffres :

	PHOSPHORE %	MANGANÈSE %	CARBONE %	SOUFRE %
Matière première . .	0,050	0,54	0,067	0,048
Après 1 heure . . .	0,014	0,16	0,063	0,039
Après 1 heure 1/2 . .	0,004	0,13	0,061	0,038

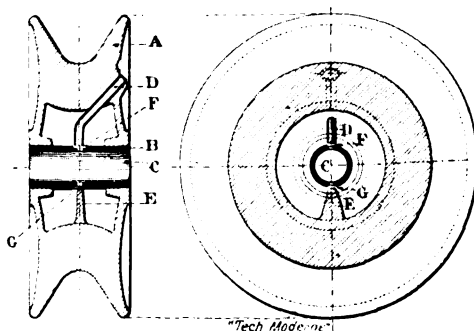
LE PRIX DE REVIENT. — L'exploitation de ce four est trop récente pour qu'on puisse donner le prix exact de son installation. L'enveloppe de tôle, les électrodes inférieures, les parties métalliques, le refroidisseur, la maçonnerie, l'appareil de renversement, les électrodes de charbon et leur soutien donnèrent un total d'environ 15.000 fr. (sans la licence), pour le montage d'un four de 5 tonnes; l'équipement électrique sans transformateur atteignit environ 18.750 fr. La pratique industrielle seule montrera la valeur de ce four électrosidéurgique.

L. V. B.

Galet de trolley à graissage constant automatique.

Cet appareil, système Chall, se compose d'un galet de bronze A, muni d'un moyeu en acier trempé B, tournant sur un axe immobile dont le logement est indiqué par C.

Ce galet présente une cavité intérieure qui peut être remplie d'huile à l'aide du tube D, dont l'extrémité est distante de 2 mm. du moyeu B. Diamétralement opposée, la paroi antérieure du galet est munie d'une proéminence E, s'arrêtant aussi à 2 mm. de B. Ce manchon B est pourvu de deux ouvertures F et G par où l'huile se répand sur l'axe. Au moment de la rotation du galet, par suite de la force centrifuge, l'huile est rejetée à la périphérie de la cavité interne et le graissage est suspendu, mais dès que la voiture à laquelle il est attaché s'arrête, grâce à la capillarité, une ou deux gouttes du lubrifiant s'introduisent entre les parois du moyeu B et de l'axe immobile.



Galet de trolley à graissage constant automatique (système Chall).

A. L.

Le Labourage électrique.

Le labour électrique offre des avantages incontestables sur les procédés de traction animale ou à vapeur, surtout dans les petites exploitations.

De tous les systèmes employés et préconisés, c'est le labourage par câble, à deux machines, qui a été encore le plus efficace, surtout pour la culture profonde. Le rendement en est le meilleur parce que toute la force disponible des moteurs est utilisée par le câble, pour le travail de la charrue.

La production de la force motrice par la vapeur est très coûteuse, car il faut alimenter les machines en eau et en combustible sur les lieux mêmes de leur travail.

Le charroi de l'un et de l'autre est toujours onéreux, la consommation élevée et le rendement assez médiocre, les machines marchant à échappement libre et étant exposées aux intempéries.

Le va-et-vient du piston imprime à tout l'appareil un balancement qui favorise l'enfoncement des roues dans le sol et donne rapidement du jeu aux organes. D'autre part, le travail de manutention est long, fatigant et dispendieux : le conducteur doit alimenter simultanément la chaudière, entretenir le feu, le nettoyer, veiller au graissage des organes et suivre les phases du labour pour la manœuvre de la charrue. Il y a en outre le temps qu'il faut consacrer à mettre la machine en pression, et à jeter bas les feux à la fin de la journée; enfin dans les époques de sécheresse l'eau peut faire défaut.

Les essais faits avec des moteurs à explosion n'ont pas donné de brillants résultats. Le travail de terre exige en effet des machines de 40 à 100 chevaux. Or, un moteur à explosion de 40 à 50 chevaux qui fonctionne en pleine charge et à poste fixe durant dix heures consécutives exige une quantité d'eau d'au moins 10 m³. Encore faut-il que cette eau soit refroidie au moyen de radiateurs et d'un ventilateur qui dépense pour son mouvement au moins 10 % de la force du moteur.

La culture des champs avec le moteur électrique est un engin souple et léger, pouvant supporter sans s'arrêter les chocs et les à-coups si fréquents dans le labourage et le travail de la terre.

M. Fillet, ingénieur électricien, a organisé des démonstrations de cultures dans les terres situées en face de la gare de Mitry-Claye (Seine-et-Marne).

Les treuils légers à ancrage automatique, du système Fillet, tirent des charrues à bascule Magnier-Bédu à 3 et 4 sillons, labourant à une profondeur de 30 à 40 cm.

L'usine est installée dans la cour de la gare. Le courant y est produit par un alternateur compoundé, actionné par une machine à vapeur Lanz de 75 HP, compound, à surchauffe et à condensation.

Cette forte machine n'a pas de cheminée; elle brûle des combustibles de qualité inférieure (poussiers de coke et de houille) sur une grille soufflée système Genevet. La condensation de la vapeur est obtenue par un condenseur à air.

Le courant (triphase, 500 volts, 50 périodes) est amené aux treuils par des lignes volantes fixées sur des potelets spéciaux à pose et dépose rapides.

Chaque treuil de la machine est constitué par un châssis en acier profilé supporté par trois roues, lequel châssis porte en son milieu le moteur électrique, d'une force normale de 45 HP. Celui-ci, du type à cage d'écureuil, démarre en charge par la manœuvre d'un combinateur, genre tramway. Il peut marcher à la poussière et à l'humidité sans surveillance et sa marche est silencieuse et sans étincelle aucune.

Il commande, au moyen d'un pignon, un harnais d'engrenages taillés en acier, qui communique son mouvement, en vitesse réduite, au tambour du treuil de labourage qui contient 150 mètres de câble de très grande résistance. Un frein sur jante détruit

automatiquement l'élan de ce tambour lors du déroulement et empêche le câble de s'abimer par un faux enroulement.

Le conducteur se trouve sur une plate-forme sur le côté du chariot et voit tous les mouvements de la charrue devant lui. Les manœuvres se font à l'aide de deux leviers : l'un commande l'enroulement du câble de labour, l'autre gouverne l'avancement ou le recul du chariot soit par la rotation des roues d'arrière, soit par le tambour de halage. Ce tambour, d'un diamètre plus petit que le premier, contient 200 mètres de câble en acier; il sert à faire avancer le chariot quand, par suite de l'humidité ou l'état glaiseux du sol, les roues n'ont pas l'adhérence nécessaire pour le faire démarrer.

Pour obvier au patinage sur place, inévitable dans les champs, on amarre l'extrémité du petit câble à un pieu enfoncé en terre, à un arbre ou à un petit châssis *ad hoc* à ancre, et la force du moteur est alors suffisante pour tirer la machine du plus mauvais endroit. Les roues motrices sont à larges jantes munies de battes et leurs moyeux portent des trous par lesquels on peut, au moyen d'une cheville, les rendre solidaires des tourteaux clavetés sur l'essieu moteur; le dispositif supprime le différentiel; il est commandé par le même levier qui sert déjà, dans l'autre sens, à mettre en mouvement le petit tambour. La roue de devant est montée sur pivot; sa direction est actionnée par deux chaînes qui s'enroulent sur un cylindre.

La poulie à gorge de renvoi du câble de labour permet de tirer la charrue sur des angles différents. La vitesse d'enroulement peut, suivant le travail à faire, être augmentée ou diminuée en changeant le pignon du moteur.

Sur le devant du châssis est le tambour qui reçoit le câble électrique. Celui-ci amène le courant de la ligne principale venant de l'usine dans le combinateur et le moteur. On l'enroule sur le tambour à l'aide d'une manivelle que le conducteur peut actionner de sa place. L'en-semble du chariot ainsi constitué pèse 4 000 kg.

L'ancrage du treuil consiste en une plaque métallique ayant la longueur du chariot et supportée par quatre montants mobiles dans des montants fixes. Cette plaque porte, à son extrémité avant, un coute avec soc de forme spéciale, et, au moyen de deux crémaillères mues par des manivelles, cette plaque s'enfonce dans le sol verticalement, partiellement ou entièrement sur une hauteur de 25 cm. Des pieds de force sont disposés aux endroits convenables pour renforcer les montants verticaux. Lorsque le treuil se déplace pour commencer un autre sillon, l'ancrage reste dans la terre et, le coute lui ouvrant le chemin, il avance avec le chariot. Ce dernier utilise, suivant les circonstances, ses roues motrices ou son tambour de halage pour opérer cet avancement. Ce dispositif très simple supplée au manque de poids du treuil, qui ainsi est en réalité aussi adhérent au sol qu'une machine de 25 000 à 30 000 kg. De plus, quand le câble tire la charrue, tout l'effort exercé par celle-ci tend à déplacer le treuil latéralement. Le point de traction étant très bas, il ne peut se renverser. C'est donc sur le châssis et sur le sol que se fait la traction et non pas sur les roues, comme dans les autres machines. L'ancrage se trouve du côté où se fait cette traction, et c'est ce dispositif qui permet l'emploi de trois roues au lieu de quatre. Quand la plaque d'ancrage est relevée, la machine roule comme un simple chariot; le freinage s'opère par des sabots sur les roues arrière.

En comptant un rendement de 90 % dans la ligne, de transport du courant jusqu'aux moteurs, on arrive à une utilisation de 70 % de l'énergie produite à l'usine.

Une installation, dans le genre de celle que nous venons de décrire, qui aurait comme force motrice un moteur à gaz pauvre de 60 à 75 HP et comportant 2 km. de ligne, peut revenir à 70 000 francs.

Comme dépense annuelle, on obtiendrait, étant donné que l'intérêt du capital est fixé à 4 % et l'amortissement à 10 %, le chiffre de 13 000 francs environ.

Sur ces bases, le prix d'une journée de travail ressortirait à ce qui suit :

400 grammes d'antracite par cheval et par heure, soit 250 kg. de charbon à 40 francs la tonne	10 »
2 kg. 500 d'huile à 0 fr. 60	1 50
Un mécanicien conducteur à l'usine	6 »
Trois laboureurs conducteurs dans les champs à 4 fr.	12 »
Un petit aide facultatif	2 50
Total	32 fr.

Supposons que, durant cent jours par an, le matériel serve à faire du labour profond et que pendant les cent cinquante autres jours on fasse du hersage et du scarifiage, du roulage, du défoncement, du battage, de l'arrachage de betteraves, du pressage de paille ou de foin en pleins champs, pressoirs, pompes, scieries, etc. L'usine génératrice peut, durant toute l'année, servir à faire de l'éclairage, du transport de force pour les voisins ou la localité la plus proche, et cette utilisation répartira sur un plus grand nombre de jours les frais d'amortissement.

Si on envisage une marche de deux cent cinquante jours par an, la journée de labourage ressortira donc à :

$$\frac{19.000}{520} = 52 \text{ fr.} + 32 = 84 \text{ francs.}$$

Si l'exploitation agricole contient une sucrerie, une distillerie, une minoterie ou une râperie, ce prix sera encore abaissé par le fait que la machine motrice pourra faire supporter ses frais d'amortissement par de telles utilisations.

P.

Les pertes par hystérésis.

On convient ordinairement de représenter la chaleur d'hystérésis due à l'inversion du magnétisme dans le fer par la formule de Steinmetz : $V = cB^{1,6}$.

M. Rudolf Richter propose, dans *Elektrotechnische Zeitschrift*, de remplacer cette formule empirique par la suivante : $V = aB + bB^2$ où, en dehors des constantes a et b dépendant de la matière considérée, n'entrent que des puissances entières de l'induction, ce qui permet de se servir de la règle à calcul.

L'auteur montre sur sept exemples que les valeurs calculées par la nouvelle formule diffèrent moins des valeurs expérimentales que les valeurs calculées par la formule de Steinmetz.

L. V. B.

ÉLECTROCHIMIE

De la densité de courant pour la fabrication industrielle des persulfates (Suite et fin) (1).

Comme nous l'avons fait remarquer précédemment à propos des essais cités par M. H. Marshall, la différence de potentiel croît rapidement avec l'intensité, en même temps que la température augmente. On pourrait bien, dans une très faible mesure, obvier à ces inconvénients, en augmentant beaucoup le volume du liquide, mais alors le dépôt du persulfate ne se ferait plus aussi rapidement, et il en résulterait une perte par l'électrolyse du persulfate formé; de plus, comme les solutions s'altèrent, qu'elles s'enrichissent en acide, et qu'il faut les additionner de carbonate d'ammoniaque, leur traitement ultérieur deviendrait plus compliqué, sans qu'il en résulte un avantage appréciable.

Dans les essais IV, V, VI (2), la grande différence de rendement est due évidemment à l'élévation de la température qu'il était pratiquement impossible d'éviter. En admettant même qu'on ait pu la maintenir comme dans les essais II entre 10 et 11° et obte-

nir l'augmentation de rendement correspondant à la densité plus élevée du courant, la production par kilowatt-heure aurait été beaucoup plus faible, car la différence de potentiel non seulement n'aurait pas diminué, mais aurait été en légère augmentation, puisque les solutions froides sont moins conductrices que les solutions chaudes.

Si dans l'évaluation du rendement on tient compte de la différence de potentiel, on voit que l'énergie mise en jeu par un coulomb est bien différente suivant la densité du courant, et si on forme le rapport entre l'énergie dépensée dans chaque cas et l'énergie dépensée avec 210 ampères, on obtiendra le tableau suivant :

AMPÈRES par dm ²	ÉNERGIE par seconde en joules	RAPPORT
160	6	1,00
210	7	1,16
235	9	1,50
300	12	2,00
400	20	3,31
500	30	5,00

Si on divise tous les nombres obtenus (colonne 2) par le premier, on obtiendra les nombres inscrits dans la troisième colonne du tableau, donnant le rapport de l'énergie employée dans chaque cas, le premier étant pris pour unité.

On pourra alors, en tenant compte du rendement donné par la courbe de la figure 1, établir une deuxième courbe donnant le rendement en fonction de l'énergie dépensée, car, quelles que soient les conditions de l'électrolyse, la différence de potentiel

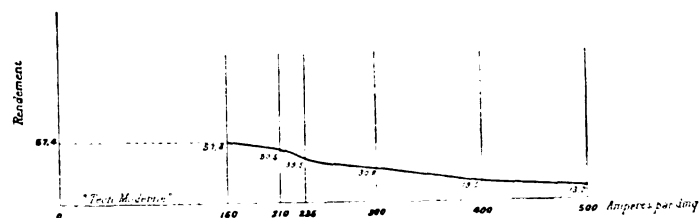


FIG. 2. — Courbe du rendement en fonction de l'énergie dépensée pour les différentes densités de courant, l'énergie correspondant à 160 ampères étant prise pour une unité.

suivra la même marche ascendante quand la densité de courant augmentera.

Comme il fallait s'y attendre, la valeur du rendement diminue rapidement quand la densité de courant s'élève. En traçant la courbe entre 0 et 160, on obtiendrait le point pour lequel le rendement est maximum.

On arriverait également à la même conclusion en construisant la courbe d'après les résultats obtenus directement en déterminant la production par joule employé; mais, comme dans nos essais, la température n'a pu être maintenue constante à toutes les densités de courant, les nombres n'auraient pas été comparables.

En tenant compte des résultats que nous avons obtenus et des considérations que nous venons de développer, on voit nettement que l'emploi d'une très grande densité de courant dans la fabrication industrielle des persulfates n'est pas favorable, puisqu'elle diminue la production, pour une même quantité d'énergie, par suite de la différence de potentiel qui croît en même temps que l'intensité, pour une même surface d'anode. De plus, la quantité de chaleur dégagée, qui croît à peu près comme le carré de l'intensité (1), devient telle qu'il est en pratique impossible de maintenir une température favorable à la formation de l'acide persulfurique, et il suffit de se reporter aux expériences de MM. Elbs et Schönher pour voir qu'il importe d'éviter autant que possible l'élévation de la température (Voir précédemment.)

(1) La résistance n'est pas tout à fait constante.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 1 (janvier 1911), p. 42.

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 1 (janvier 1911), tableau de la page 43.

De nombreux essais que nous avons faits, et qui ne sont pas tous mentionnés (¹), il résulte que, pour avoir de bons résultats, il ne faut pas dépasser 10° de température, ce qui ne sera pas toujours facile de maintenir économiquement.

Nous avons repris les essais en ajoutant un peu d'acide chlorhydrique, dont la présence favorise la formation des persulfates; dans tous les cas le rendement était meilleur, mais nous n'avons pas remarqué que les observations relatives à la densité de courant en soient modifiées.

Il est évident que, dans la préparation industrielle, on pourra ajouter de l'acide chlorhydrique, à condition toutefois d'employer des anodes réellement inattaquables.

D'après ce qui précède, on voit que, pour avoir un rendement élevé, eu égard à la dépense d'énergie, la densité de courant doit être seulement de 150 à 200 ampères. Une densité plus forte diminue la production et a, de plus, l'inconvénient de rendre très difficile, sinon impossible, le refroidissement.

Entre ces limites, la densité pourra varier suivant les circonstances locales, le prix de l'énergie, le poids de platine dont on dispose, les moyens de refroidissement, etc.

Il n'est peut-être pas inutile de remarquer que la densité que nous indiquons, quoique beaucoup plus faible que celle admise généralement, est encore considérable, puisque, dans la plupart des réactions électrolytiques, l'intensité ne dépasse pas 2 à 4 ampères par décimètre carré, et 10 ampères pour la préparation du chlorate de potassium qui se fait à chaud.

M. H. Marshall dans son étude a eu surtout en vue d'expliquer la nécessité d'une grande densité de courant, mais il n'ignorait pas que de très bons résultats avaient été obtenus par T. L. Schöner, en recherchant l'influence de la concentration de l'acide, avec 100 ampères par décimètre carré (²). Le rendement était de 69,5 %, de la théorie, supérieur par conséquent au meilleur rendement obtenu avec 500 ampères. Ce résultat ne figure pas dans les essais ayant pour objet la détermination de l'influence de la densité de courant, probablement parce que les conditions de l'expérience (température, concentration de l'acide, etc.) n'étaient pas comparables, mais il est fort possible que l'augmentation du rendement soit due à la température qui, pour les raisons indiquées, devait être beaucoup plus basse.

Ainsi, déjà d'après des essais antérieurs, les meilleurs rendements auraient été obtenus avec une densité de 100 ampères et il y a tout lieu de croire que les résultats des expérimentateurs ont été mal interprétés dans les divers ouvrages.

Comme on le sait, le persulfate d'ammonium est plus économique à obtenir que le sel de potassium; dans nos essais faits en vue d'une fabrication industrielle, nous n'avons pas oublié de vérifier ce point. Mais nous nous hâtons de dire qu'il n'y a là qu'un fait économique, car le persulfate de potassium est bien plus facile à préparer à cause de sa solubilité beaucoup moins grande que celle du persulfate d'ammonium (³) et de sa moins grande altérabilité.

Cela tient à la grande différence de solubilité des deux sulfates: tandis que l'eau dissout à 10° (température des expériences) 73 % de sulfate d'ammonium, elle dissout seulement 9 % de sulfate de potassium; dès lors, l'électrolyte est beaucoup plus résistant.

C'est ce que montrent bien les données des essais suivants faits avec l'appareil décrit plus haut, pour lesquels la production a été sensiblement la même :

	AMPÈRES	VOLTS	TEMPÉRATURE
Sulfate de potassium	7,5	8	10°
Sulfate d'ammonium	7,5	3,5	7°

¹ Nous n'avons mentionné que ceux faits avec le même appareil, en augmentant dans chaque cas la densité de courant.

² *Moniteur scientifique*, octobre 1897.

³ A 0° C., l'eau dissout 1,8 % de persulfate de potassium et 58 % de persulfate d'ammonium.

La faible solubilité du persulfate de potassium permet de le préparer très facilement par double décomposition entre le sel d'ammonium correspondant et l'acétate de potassium.

On obtient des cristaux très fins qu'une nouvelle dissolution et une nouvelle cristallisation suffisent à purifier complètement.

Pour tous les dosages des persulfates, nous avons suivi la méthode indiquée par MM. Le Blanc et M. Eckardt (⁴) qui nous a donné les meilleurs résultats en procédant de la manière suivante :

On opère sur 0 gr. 200 à 0 gr. 500 pesés directement, ou mieux provenant d'une dissolution préparée à cet effet ; on ajoute dans l'ordre suivant : un peu d'eau chaude, un excès (⁵) de la solution titrée de sulfate double de fer et d'ammoniaque, densité 1,16, et enfin de l'eau presque bouillante pour faire environ 100 cm³; on agite, et sans attendre, on titre l'excès de fer au permanganate.

Il faut multiplier le poids du fer correspondant par 2,41 pour obtenir le poids de persulfate de potassium et par 2,034 pour celui du persulfate d'ammonium.

En terminant, nous remarquerons, comme l'a fait déjà M. H. Marshall, que les persulfates ne sont pas aussi altérables qu'on le suppose généralement. Il n'est pas inutile d'insister sur ce point, qui a pour l'avenir des persulfates en industrie une réelle importance.

E. DE LAMBERTERIE.

FILATURE ET TISSAGE

Ventilation des filatures de coton du Nord de la France

(Suite et fin (³)).

Salles de filature. — Le principe autrefois admis par tous les filateurs et auxquels se tiennent encore quelques directeurs d'usines retardataires était le suivant : pour travailler convenablement le coton, il faut une température élevée et un certain degré hygrométrique; il importe d'obtenir l'un et l'autre au plus bas prix. Pour cela il existe un moyen bien simple : on réduit autant que possible la ventilation naturelle en installant des murs épais, des fenêtres à doubles châssis, « l'éclairage naturel par le haut pour éviter la pénétration possible du vent par les baies naturelles, etc., etc. » (⁴). Les ateliers sont constamment fermés pour éviter les déperditions de chaleur et les précipitations d'eau qui en seraient la conséquence. Dans ces conditions, dit M. Boulin, qui a déduit ses chiffres d'un grand nombre d'expériences faites dans la région de Fourmies, « il est arrivé fréquemment qu'on commence le travail le matin avec un pourcentage de 5 à 7 10/1000 de CO₂ dans l'atmosphère, sinon plus; il n'est donc pas étonnant que, dans l'après-midi, on trouve 15, 16, 17, et jusqu'à 20 10/1000 ». Les ouvriers travaillent donc dans de mauvaises conditions d'hygiène et, pour y obvier, il convient de trouver un système qui soit capable de renouveler l'air, de lui donner un degré hygrométrique convenable, et enfin d'assurer, s'il y a lieu, à la salle une température adéquate à la fois au travail et au bien-être des travailleurs.

Dans les installations récentes, des dispositions sont prises pour répondre à ce triple desideratum et font partie du gros œuvre de l'usine : leur prix de revient est suffisamment élevé, mais les résultats qu'elles permettent d'obtenir tant au point de vue hygiène ouvrière qu'au point de vue fabrication font que leur amortissement est rapide (⁵). Dans les ateliers de filature tels

(1) *Zeitschrift für Electrochemie*, 1889, p. 355 et *Moniteur scientifique*, octobre 1900.

(2) Nous préférons ajouter le sel de fer avant l'acide sulfurique, afin d'éviter toute perte, par suite de la décomposition de l'acide persulfurique mis en liberté avant l'introduction du sel de fer.

(3) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 1, p. 43.

(4) M. P. BOULIN : L'Hygiène dans les ateliers, etc. *Revue scientifique*, 1910, p. 464.

(5) Lambert, Huglo, etc.

qu'on les construisait il y a trente ou quarante ans, dans ces *usines-forteresses* où tout était combiné précisément pour éviter les rentrées d'air, il a fallu chercher à utiliser d'autres procédés donnant les mêmes résultats. Après avoir essayé maints systèmes : drosophores, humidificateurs Mertz, Sconfietti, etc., il semble que l'on s'en tienne au type créé par Bontemps sous le nom de *climatogène* et auquel certaines modifications ont été apportées par Kestner, de Lille, et Jacobi, de Nimègue. Le principe en est depuis longtemps connu : c'est celui de la trompe de Springel, c'est-à-dire l'entraînement de l'air par un jet d'eau sous pression. L'un de ces appareils se compose toujours d'une grosse tubulure à diamètres décroissants présentant tout le long de son parcours soit une fente inférieure, soit des fentes latérales, soit des ajutages latéraux. Il y a deux ouvertures de rentrée d'air qui peuvent

ces installations dans une filature de coton des environs de Lille. Il appelle les observations suivantes :

1° Pour faire mon dosage de CO^2 , le 16 juillet 1909, j'ai dû me mettre sous la grande porte, tant il pleuvait. Or, cette porte communiquait constamment avec l'atelier du rez-de-chaussée, ce qui explique que j'aie pu trouver 4,5/10.000 à l'extérieur, chiffre un peu supérieur à la normale ;

2° L'atelier du premier étage, à moitié vide, n'a pas retenu mon attention parce qu'il n'était pas comparable aux autres ;

3° Le 16 juillet, après une heure de fonctionnement et bien que la température n'ait pas varié et que l'état hygrométrique fût passé de 68 à 74 dans la salle du rez-de-chaussée, les ouvrières déclaraient être beaucoup plus à leur aise qu'auparavant et ressentir une impression de fraîcheur qui n'existait pas antérieurement.

TABEAU DES DOSAGES D'ACIDE CARBONIQUE PAR L'APPAREIL VOLUMÉTRIQUE ANGLAIS HALDANE.

	CO ² en 1/10000	EXTÉRIEUR			2 appareils (7.123 m ³) 42 ouvrières et ouvriers.				4 appareils (4.960 m ³) 12 ouvriers et ouvrières.				6 appareils (4.844 m ³) 56 ouvriers et ouvrières.				
		Etat hygrométrique			CO ² en 1/10000	REZ DE-CHAUSSÉE Etat hygrométrique			CO ² en 1/10000	PREMIER ÉTAGE Etat hygrométrique			CO ² en 1/10000	DEUXIÈME ÉTAGE Etat hygrométrique			
		THERMOMÈTRE		°/o		THERMOMÈTRE		°/o		THERMOMÈTRE		°/o		THERMOMÈTRE		°/o	
		sec	mouillé			sec	mouillé			sec	mouillé			sec	mouillé		
		sec	mouillé			°/o	sec			mouillé	°/o			sec	mouillé		°/o
16 Juillet 1909.																	
IL PLEUT ABONDAMMENT	a) 2 h. soir. Les appareils au repos depuis la veille. .	4,5	14,4	14,2	95	8,5	24	20,2	68	6	24,2	21,4	75	8,7	23,4	19,7	70
	b) Trois heures. Les appareils marchent depuis 1 h., puisant de l'air à l'extérieur. . . .	4,5	14,3	14,1	95	4,9	25,4	22	74	»	»	»	»	4,8	23	20,6	80
5 Août 1909.																	
TEMPS SEC ET CHAUD	a) 10 h. 1/2. matin. Les appa- reils puisant à l'in- térieur.	3,9	22	16,4	95	9	26	23,6	80	»	»	»	»	8	25,8	22	72
	b) 11 h. 1/2. matin. Les appa- reils puisant à l'ex- térieur depuis 3/4 d'heure	3,9	22	16,4	95	5,1	25,7	22,1	72	»	»	»	»	4,8	24	20,8	75

se fermer par des opercules : l'une de ces ouvertures est à l'extérieur de la salle à ventiler et humidifier, l'autre à l'intérieur. Un dispositif spécial permet de recueillir les gouttelettes qui se condensent tout le long de la tuyauterie et d'éviter ainsi leur projection dans l'atelier. L'eau fournie sous forte pression par une pompe sort en fin brouillard par des becs pulvérisateurs disposés à l'intérieur du tuyau au delà des ouvertures d'aspiration. La disposition de ces becs pulvérisateurs varie avec les constructeurs : Kestner les dispose en tandem, ce qui a des avantages, d'autres en couronne, etc. L'air aspiré se sature d'eau au contact du jet et des parois humides et ruisselantes du tube, puis il passe dans l'atmosphère de la salle.

On peut au besoin chauffer à l'avance l'eau pulvérisée (Jacobi) ou l'air qui passera dans la salle (Kestner).

Le réglage de l'humidification se fait par deux moyens : augmentation ou diminution de la pression à la pompe refoulante, ouverture ou fermeture d'un ou plusieurs des jets pulvérisateurs. Il est possible de puiser à volonté de l'air dans la salle, quand il fait trop froid, ou à l'extérieur, ou de faire un mélange des deux. Les résultats obtenus sont très satisfaisants.

Le tableau ci-dessus résume les essais que j'ai faits de l'une de

ment, phénomène qui ne peut être attribué qu'à la plus grande pureté de l'air ;

4° Le 5 août, les premiers dosages furent faits, les appareils étant en ordre de marche normale d'après les *contremaitres*. Je ne fus donc pas peu surpris de trouver au rez-de-chaussée 9/10.000 de CO^2 et au 2° étage 8/10.000. Etant donnés les résultats précédents, il devait sûrement y avoir à cela quelque cause particulière. Ayant examiné les appareils, je constatai que, contrairement aux instructions qui leur avaient été données, les chefs d'ateliers, pensant qu'il en fallait user ainsi par beau temps, puisaient l'air dans l'atelier lui-même au lieu de le prendre à l'extérieur, d'où humidification sans aération et par suite augmentation de la teneur en CO^2 . Les choses ayant été remises en état, on ne trouvait plus, au bout de 3/4 d'heure, que 5,1 et 4,8.

Des dispositions de ce genre sont donc hautement recommandables dans toutes les anciennes filatures où leur montage peut s'effectuer facilement et sans d'énormes frais.

Gazage. — Je ne reviendrai pas sur ce que j'écrivais à ce sujet dans *La Technique Moderne* d'avril 1910 (pages 238 et suivantes) et me contenterai de signaler qu'on essaye actuellement, dans quelques usines de la région, des becs à gazer dont les flammes ne

seront ni verticales, ni renversées, mais horizontales et disposées en lignes suivant la verticale. Le fil circulera dans ces flammes comme dans la gouttière à électrer, c'est-à-dire verticalement, et l'appareil de captation des gaz et poussières ressemble beaucoup à celui qu'illustre la figure 2, page 239 (*La Technique Moderne*, avril 1910). On en dit quant à présent le plus grand bien, mais avant de présenter l'instrument dans tous ses détails à nos lecteurs, il convient d'avoir une plus longue expérience industrielle.

L. BARGERON,

Ingenieur, Inspecteur du Travail.

GÉNIE MARITIME

Réservoirs à combustibles liquides pour la marine.

Dans son rapport si documenté sur le budget du Ministère de la Marine pour 1911, M. le député Bénazet signale la nécessité qu'il y a de construire dans les ports français des réservoirs à combustibles liquides (mazout, pétrole lampant).

Depuis longtemps déjà, l'Amirauté anglaise a reconnu les avantages financiers et militaires de semblables dépôts. A Portsmouth, Plymouth, Chatam, Douvres, Portland, Haulbowli, Gibraltar, Malte, Rosyth, elle a fait établir de vastes réservoirs cylindriques dont la contenance unitaire est de 5 000 tonnes. Ces réservoirs portent des appareils indicateurs de niveau et un tuyau d'écoulement commandé par une soupape. Le tuyau est relié à un collecteur général de 25 cm. de diamètre. Un appontement, où les navires à ravitailler peuvent accoster, existe auprès de chacun des dépôts. Le collecteur général aboutit sur l'appontement à une chambre de distribution qui renferme les soupapes d'arrêt et les raccords devant relier le tuyautage de bord à celui de terre. A Portland, le dépôt ne comprend pas moins de 6 réservoirs, soit une contenance totale de 30 000 tonnes; une jetée de pierre, construite en 1907-1908, est adaptée spécialement au service de ravitaillement du mazout. On a même prévu, en 1910, la construction de réservoirs supplémentaires et l'amélioration des moyens d'approvisionnement et de ravitaillement.

L'Allemagne possède un certain nombre de dépôts analogues : à Dantzig, un réservoir de mazout d'une contenance de 1 130 m³ (le combustible liquide peut être délivré aux bâtiments, à quai, par simple ouverture d'un robinet); à Wilhelmshaven, cinq réservoirs du même type mais de capacités diverses; enfin, un dépôt actuellement en cours d'organisation à Holteneau.

L'Italie, de son côté, a assuré l'emmagasinement des combustibles liquides, comme dans les ports anglais, au moyen de grands réservoirs métalliques. Pour obtenir les meilleures conditions d'achat elle a, en outre, fait construire des navires-citernes qui vont chercher les combustibles jusque sur les lieux de production.

En France, rien de comparable n'a encore été réalisé. Faute de réservoirs, le département de la Marine se trouve dans l'obligation d'acheter les résidus de naphte en fûts. Le prix moyen de ces fûts en bois et en tôle est presque aussi élevé que celui de leur contenu. Lorsque les bateaux-citernes arrivent en vue des côtes de France, les transporteurs, au lieu de venir débarquer directement dans les ports de consommation, comme cela se fait à l'étranger, doivent aller opérer la mise en barils dans les ports de commerce qui disposent d'installations complètes avec pompes et canalisations; les fûts font ensuite l'objet de nouvelles manutentions et d'un second affrètement en vue de leur envoi au lieu de destination définitive.

Ainsi, tandis que la tonne de produits analogues est payée : 80 francs à Dantzig par la marine allemande, 98 francs sur un point quelconque de la mer Noire ou de la mer Baltique par la marine russe, et par les marines anglaise et italienne, 35 francs, prise à Constantza (résidus de naphte d'origine roumaine), c'est-à-dire environ 70 francs, au lieu de ravitaillement, en supposant que les frais de manutention et de transport, ajoutés au bénéfice

des fournisseurs, doublent les prix, nous payons encore, au moyen de marchés par adjudication publique, les résidus de naphte en barils 155 francs la tonne!

M. Bénazet conclut qu'il n'est pas possible d'admettre que la marine française, dont la flotte de sous-marins est supérieure à celle des autres puissances, conserve plus longtemps à l'égard des combustibles liquides, des procédés d'achat, d'emmagasinement et de délivrance aux bâtiments qui sont aussi onéreux qu'archaïques et qu'elle ne se résolve pas à réaliser rapidement des perfectionnements déjà acquis à l'étranger.

E. F.

HYDRAULIQUE

Utilisation pratique de l'énergie cinétique des vagues de la mer.

Ce nouveau procédé consiste à capter l'énergie cinétique des masses d'eau agitées, telles que celles de la mer. Il diffère complètement des dispositifs, assez nombreux, qui utilisent le mouvement des marées, nécessitant des travaux d'établissement importants et qui, du reste, ne sont applicables que sur les côtes où la marée atteint un niveau suffisamment élevé, comme sur celles de la Manche et de l'Océan.

Le dispositif, qui fait l'objet de cette note, a été imaginé et réalisé par M. Bouchaud-Braceiq; il a établi une installation de démonstration à l'embouchure de la Gironde et cette installation fonctionne régulièrement, depuis un an, aussi bien par les temps les plus calmes que par les temps de tempêtes.

En principe, chaque unité génératrice se compose essentiellement d'une chambre à air P (fig. 1) mise en communication par sa partie inférieure avec la mer, soit par l'intermédiaire d'un puits p et d'une galerie g, creusés dans le rocher, soit au moyen d'une construction en maçonnerie ou en ciment armé.

Cet ensemble doit être à demi immergé dans l'eau et la galerie, où l'ouverture établissant la communication avec la mer, doit avoir des dimensions suffisantes pour permettre à l'eau de pénétrer et de sortir facilement de la chambre à air. La hauteur de la construction doit être telle qu'au niveau des plus hautes marées l'eau ne puisse arriver jusqu'à la conduite C établie dans le sous-sol de la station génératrice; il faut également que l'ouverture de la galerie g soit établie au-dessous du niveau de l'eau à marée basse, pour que son bord supérieur ne soit jamais à découvert.

La partie supérieure de la chambre à air est fermée par un tampon muni d'une soupape de sûreté s servant à l'échappement de l'air, lorsque la pression vient à dépasser une certaine limite, et d'un reniflard r permettant à l'air d'entrer lorsque la pression à l'intérieur de la chambre devient brusquement inférieure à la pression atmosphérique. Grâce à cette double précaution, on évite les dangers et les inconvénients qui pourraient résulter de coups de mer par trop violents, lors d'une tempête.

L'eau pénétrant et se retirant alternativement de la chambre à

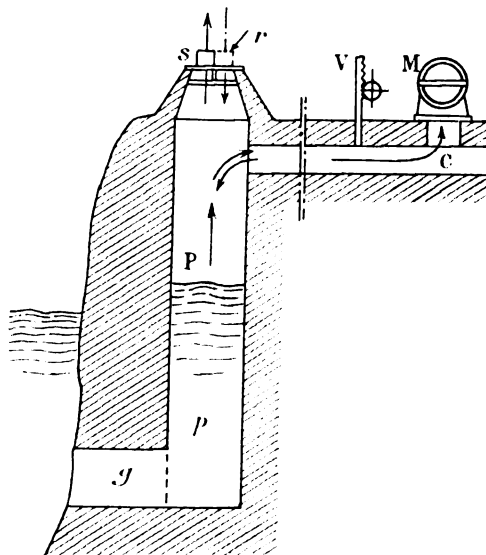


FIG. 1.

"Tech. Moderne".

air, en suivant exactement toutes les variations du niveau de la mer provoquées par les vagues, produit des compressions et raréfactions consécutives de l'air dans le canal C, et cela avec une force d'autant plus grande que les oscillations des ondes de la mer sont plus accentuées.

Pour utiliser ces compressions et raréfactions consécutives de l'air, afin de produire une force motrice, on fait usage d'un aéro-moteur M, sorte de turbine mise en mouvement alternativement par l'air comprimé, par l'eau, lorsque son niveau s'élève, et par l'air aspiré, lorsque le niveau de l'eau s'abaisse. Ce moteur doit être établi de manière que son mouvement de rotation se produise toujours dans le même sens, malgré les sens opposés et alternatifs de direction de l'air successivement chassé et aspiré.

Cette turbine pneumatique est constituée, en principe, par un disque métallique (fig. 2) dans lequel ont été pratiquées des ouvertures *a* et *b* disposées suivant les rayons du disque, chacune

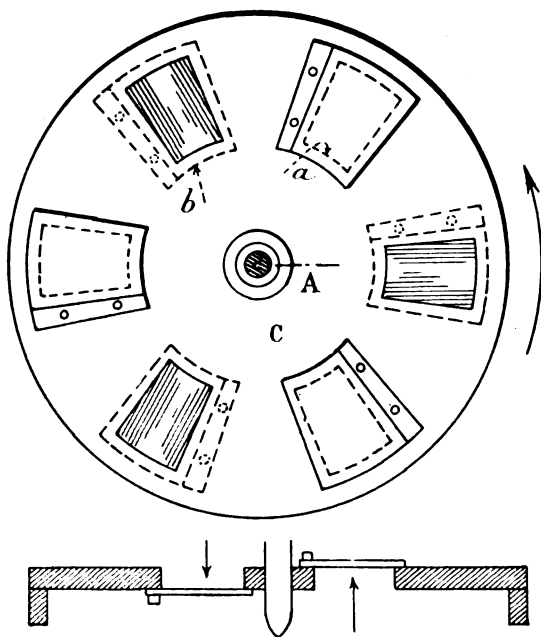


FIG. 2.

Tech. Moderne.

de ces ouvertures étant fermée par un clapet élastique. Ces clapets, fixés par un de leurs bords suivant les rayons de la circonférence du disque, s'ouvrent plus ou moins selon le degré de pression exercé par l'air. Les clapets *a* s'ouvrent de bas en haut pour laisser échapper l'air chassé par la montée de l'eau dans le puits; les clapets *b*, au contraire, s'ouvrent de haut en bas, sous l'action de la pression atmosphérique, toutes les fois que le niveau de l'eau baisse en produisant un vide ou, plus exactement, un appel d'air. Les clapets ont leur bord fixe placé du même côté.

L'air chassé ou aspiré imprime au disque un mouvement de rotation dans le sens opposé à celui de son échappement et, par conséquent, la réaction qui en résulte imprime au disque mobile un mouvement de rotation toujours de même sens. Le moteur ainsi constitué est donc à double effet et fonctionne aussi bien lors de l'aspiration que lors du refoulement.

L'axe vertical A qui supporte le disque est muni à sa partie supérieure d'une poulie actionnant soit un arbre de transmission, soit une machine quelconque. Suivant les besoins, il est possible d'installer plusieurs turbines semblables les unes à la suite des autres en sectionnant la conduite C (fig. 1) à l'aide de vannes. L'avenir nous dira si ce procédé est susceptible d'être utilisé industriellement.

J. A. MONTPELLIER.

Haveuse à barre (système Pick-Quick) (1).

Les haveuses mécaniques sont avantageuses parce qu'elles augmentent la production, qu'il s'agisse de veines épaisses, moyennes ou étroites; pour les veines étroites, elles se recommandent spécialement à raison de ce qu'elles diminuent les pertes, si l'on attaque directement la couche de charbon; si, dans le but d'économiser la houille, on est amené à faire la coupe en dehors de la veine, elles deviennent indispensables.

Les avantages du havage mécanique peuvent être résumés ainsi qu'il suit :

- 1° Réduction des frais d'extraction par tonne;
- 2° Augmentation du rendement pour un front d'attaque de largeur donnée;
- 3° Diminution des frais d'étañonnage;
- 4° Diminution des frais d'explosifs;
- 5° Augmentation de la proportion de gros;
- 6° Avancement systématique et régulier du travail;
- 7° Risques d'accident moindres.

Toutefois, il est indispensable pour assurer le fonctionnement des haveuses, quelles qu'elles soient, que l'exploitation soit bien organisée, que le travail se fasse régulièrement, que les galeries soient progressivement étañonnées d'une façon méthodique, etc.

D'ailleurs, les conditions de fonctionnement des machines diffèrent suivant la veine sur laquelle on opère et dépendent de sa largeur, de sa hauteur, de sa profondeur.

Au point de vue du système de force motrice employé pour l'actionnement de la machine, on peut classer les haveuses en deux catégories : les haveuses pneumatiques et les haveuses électriques.

Au point de vue du mode de travail, il y a lieu de distinguer trois types principaux : les haveuses à disque, les haveuses à chaîne et les haveuses à barre.

L'électricité pouvant être considérée comme étant de beaucoup supérieure à l'air comprimé pour la distribution de la force, le meilleur de ces types est nécessairement celui qui se prête le mieux à l'application de la commande par électro-moteur.

D'une façon générale, par suite du faible diamètre de la barre, la rotation de celle-ci peut être relativement grande, de sorte qu'il est simple de réaliser, entre le moteur électrique et la barre, la réduction de vitesse voulue.

Cette particularité met les haveuses à barre en avantage, comparativement aux haveuses à disque, toutes autres choses étant supposées égales.

Toutefois, il est nécessaire de remarquer que l'actionnement de la haveuse est une tâche très dure pour le moteur électrique et que celui-ci ne peut s'en acquitter convenablement qu'à la condition d'être bien choisi et largement dimensionné.

D'autre part, l'introduction des appareils électriques — surtout des câbles souples, traînant sur le sol, qui sont nécessaires pour l'alimentation du moteur — peut rencontrer des difficultés dans les houillères grisouteuses.

Les conditions de fonctionnement des haveuses elles-mêmes étant des plus rigoureuses, la construction de ces machines doit être exceptionnellement soignée tant au point de vue de l'exécution que du choix des matériaux.

Il est bon, par exemple, que toutes les pièces actives soient en acier — coulé au nickel, à l'outil, doux, cémenté, selon le cas — et qu'elles soient copieusement graissées.

Les parties doivent d'ailleurs être blindées.

Les bons constructeurs soumettent leurs machines, avant de les laisser sortir des ateliers, à des essais sérieux, dans toutes les positions de marche pouvant se présenter en pratique.

(1) D'après des machines ayant figuré à l'Exposition de Bruxelles (Section anglaise).

La haveuse à barre Pick-Quick est l'une des plus anciennes machines de havage mécanique; son introduction dans les houillères anglaises remonte à 1897; treize années de pratique y ont, au surplus, fait apporter de nombreuses modifications, depuis l'origine.

Dans toute haveuse Pick-Quick on distingue : le moteur, l'outil

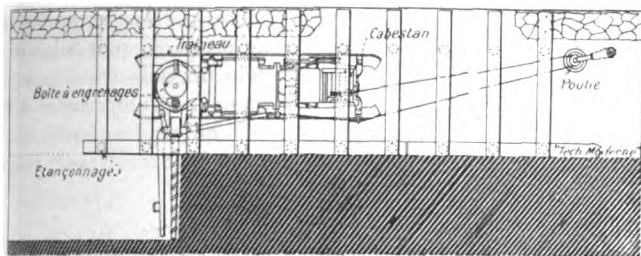


FIG. 1. — Installation de haveuse, système Pick-Quick.

ou barre coupante, la transmission entre le moteur et la barre, le cabestan assurant la translation devant le front d'attaque.

Le moteur peut être à air comprimé ou électrique, à courant continu ou à courant alternatif; avec le courant alternatif, comme l'effort à développer à la mise en marche n'est pas considérable, on peut employer un moteur triphasé sans bagues.

Comme moteur à air comprimé, on emploie éventuellement un moteur à quatre cylindres; comme moteur électrique, un électro-moteur blindé, hermétiquement clos, pour éviter tout danger d'explosion (étincelles); le moteur à cage d'écureuil, utilisable dans le cas du courant alternatif, est très avantageux à cet égard.

Dans le cas du courant continu, l'engin est un moteur compound tétrapolaire à carcasse complètement fermée, de forme parallélépipédique, et induit en tambour denté.

Le rhéostat de démarrage est enfermé dans une boîte hermétique.

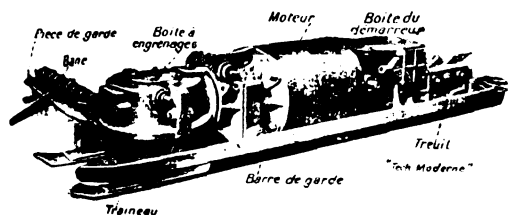


FIG. 2. — Haveuse électrique, système Pick-Quick.

tique boulonnée sur la carcasse du moteur; les bobines sont faites sur forme. La boîte à outils est venue d'une pièce avec le rhéostat.

Pour les moteurs triphasés, le rhéostat est remplacé par un auto-transformateur.

L'outil est formé, dans le cas envisagé, d'une barre massive, en acier au nickel, taillée à la machine; cette barre, qui va en s'amincissant vers l'extrémité, est filetée sur la moitié environ de sa longueur, à droite ou à gauche.

Le filet, large et épais, joue le rôle de vis d'Archimède et fait glisser les rognures de charbon de l'extrémité vers l'intérieur, pour les expulser.

Dans le creux du filet sont plantées des griffes ou pics, en forme de pyramides quadrangulaires obliques, qui attaquent la veine; ces pics se fixent, dans des trous pratiqués dans la barre, par une queue à saillie.

L'extrémité intérieure de la barre est garnie d'un maneton de butée en acier cémenté, taillé à la machine et amovible, par l'intermédiaire duquel un mouvement de va et vient peut être donné à l'outil.

La transmission entre l'axe du moteur et l'outil s'effectue par un système d'engrenages complètement enfermé et comprenant : un pignon d'angle sur l'axe du moteur, une paire de roues d'angles solidaires, dans le rapport de 2 à 1, et le pignon de la barre.

Ce dernier n'est pas claveté fixe sur la barre; il lui communique le mouvement par l'intermédiaire de deux languettes dont il est muni et qui prennent dans des fentes longitudinales de la barre.

Les engrenages sont en acier cémenté et taillés à la machine; on y a accès par le couvercle de la boîte qui les contient, lequel s'enlève dans le sens de la longueur.

Le va-et-vient est obtenu au moyen de deux petites roues qui engrenent dans un pas de vis creusé dans le moyeu du pignon, actionnent la barre et agissent, par l'intermédiaire d'excentriques, sur un tendeur.

Le tendeur communique le mouvement de va et vient au bloc de butée de la barre et, ainsi, à la barre elle-même.

Le double mouvement de va et vient et de rotation imprimé à la barre fait que les griffes agissent dans les deux sens et empêchent toute marche à faux.

La boîte à engrenage est étanche à la poussière; elle est remplie d'huile jusqu'à mi-hauteur.

Une crémaillère et un pignon denté permettent de faire tourner

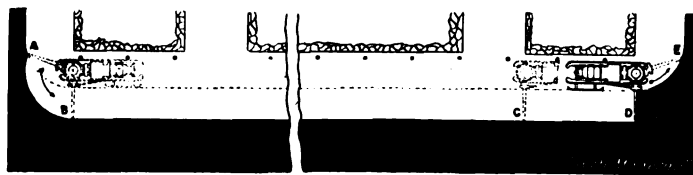


FIG. 3. — Fonctionnement de la haveuse, rotation de la barre.

l'ensemble de la barre et de son pignon dans le plan horizontal, de façon qu'au commencement d'une taille, la machine puisse préparer elle-même son entrée dans la couche.

D'autre part, il est possible d'incliner la barre d'un angle de 20° au-dessus et au-dessous du plan horizontal.

Dans la boîte du démarreur, et accessible par la boîte à outils, est ménagée une chambre dans laquelle se trouve une vis hélicoïdale amovible montée sur l'extrémité de l'axe du moteur.

Cette vis actionne un arbre transversal qui traverse les parois de la boîte et se termine par un disque portant une goupille réglable dans le sens du rayon; à cette goupille est accrochée une bielle dont le bout opposé attaque le mécanisme du cabestan.

Un encliquetage à rochet permet de modifier à volonté la vitesse d'enroulement du câble tracteur; celui-ci a normalement une soixantaine de mètres de longueur. La traction du câble s'exerce sur une poulie que l'on place à l'extrémité de la coupe.

La machine est montée soit sur des roues, avec ou sans boudin, soit sur des patins; les patins sont formés de deux barres d'angle portant des cadres qui s'appuient sur la surface du front d'attaque et sur les étançons que l'on installe pour

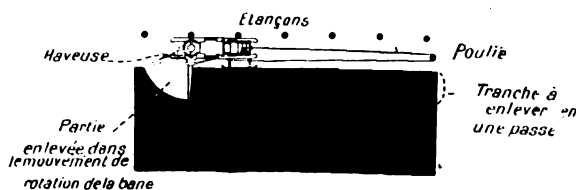


FIG. 4. — Fonctionnement de la haveuse.

guider l'appareil; le même système de guidage doit être employé lorsqu'il est fait usage de roues sans boudin.

Les roues et les patins se fixent d'ailleurs sur des supports munis de vis de réglage, qui permettent de lever ou d'abaisser la machine, par rapport aux roues ou aux patins.

Grâce à cette disposition, combinée avec les deux déplacements que l'on peut faire subir à la barre, de la façon qui a été indiquée, il est possible d'attaquer la veine d'une façon quelconque et à toute hauteur pratique.

La construction de la haveuse pneumatique ne diffère de celle de la haveuse électrique qu'en ce qui concerne le mécanisme moteur et ses accessoires.

Dans l'un et l'autre système, il y a trois modèles, dont voici les dimensions principales :

		MODÈLE A	MODÈLE B	MODÈLE C
Profondeur de la coupe.	mm.	1 070	1 372	1 832
Capacité du moteur	ch.	12	22	26
1. Moteur à courant continu :				
a) Longueur totale.	mm.	2 628	3 260	3 520
b) Largeur totale	—	1 000	1 150	1 170
c) Hauteur totale	—	394	509	645
2. Moteur à courant triphasé :				
a) Longueur totale.	mm.	2 820	3 360	3 585
b) Largeur totale	—	970	1 150	700
c) Hauteur totale	—	435	594	700
3. Moteur à air comprimé :				
a) Longueur totale.	mm.	»	3 360	3 585
b) Largeur totale	—	»	1 150	1 193
c) Hauteur totale	—	»	546	610

M.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

L'emploi rationnel du froid dans les industries chimiques et physiques.

En 1907, sur deux cent vingt-trois rapports présentés au 1^{er} Congrès international du Froid, six seulement ressortissaient à la Section des industries chimiques. Pour réagir contre cette indifférence et obtenir que la France soit dignement représentée au II^e Congrès international du Froid assemblé à Vienne, en Autriche, il fallut recourir à un artifice et entreprendre successivement plusieurs enquêtes auprès d'un grand nombre d'industriels. Parmi les réponses reçues, il s'en trouve une qui est une véritable révélation.

Supposant que le froid était utilisé en tannerie, le directeur d'un des journaux de tannerie avait été questionné. Il répondit que les applications du froid n'intéressaient pas sa corporation et que si une température de 2° au-dessous de 0 suffisait à empêcher la putréfaction du cuir frais, le procédé ne pourrait guère être appliqué que par les tanneurs désireux de conserver les peaux d'Amérique en évitant le salage; encore cette opération resterait-elle nécessaire, puisqu'aussitôt débarquées, les peaux devraient être salées pour être réexpédiées sur les centres de tannerie.

Il disait en outre : « Nous savons également que des peaux de mouton tannées au sumac, si elles sont mises à la sèche et qu'il survienne une gelée, loin d'en souffrir, s'améliorent, en ce qu'elles deviennent plus blanches et plus appréciées pour les teintures en tons clairs. »

Ces renseignements, au lieu d'infirmes l'utilité du froid en tannerie, tendaient à la démontrer. Pour préciser mon opinion à cet égard, je demandais au même tanneur quel avantage il y aurait à tanner des peaux fraîches. Voici sa réponse :

« ... Une peau fraîche de boucherie nécessite *bien moins* de travail qu'une peau salée, attendu qu'il suffit pour la première d'une trempée à l'eau rapide pour laver et enlever le sang, tandis que la peau salée demande une trempée beaucoup plus longue pour la dessaler et la faire revenir à l'état frais; elle exige aussi dans la suite une ou deux façons de plus que la peau fraîche. »

Pouvait-on maintenir que le froid n'intéressait pas la tannerie?

Après cette correspondance typique, il était permis d'estimer que ce qui se passait dans la tannerie pouvait se passer ailleurs, dans l'industrie chimique, par exemple, et sur une plus grande échelle. Le froid n'était pas méconnu; il était seulement méprisé et délaissé par suite d'une de ces appréhensions que professent fréquemment les industriels routiniers en présence de techniques nouvelles.

C'étaient ce mépris et cette appréhension qu'il fallait combattre. Aussi m'adressais-je cette fois aux industriels, non plus pour connaître ce qui était fait, mais pour leur demander ce qui pourrait être fait. Les renseignements qui suivent constituent la substance des réponses qui m'ont été fournies par chaque industrie.

INDUSTRIE DES PARFUMS. — D'après MM. Jaucard et Satie, les applications du froid en parfumerie sont très restreintes. Toutefois, ils énumèrent des utilisations connues relatives à la clarification des parfums et à la meilleure récupération des produits volatils employés par leur industrie. Ils insistent sur l'énorme avantage qu'il y aurait à pouvoir conserver, dans des chambres froides, les fleurs qui doivent être traitées, afin de régulariser la fabrication en évitant les frais d'un matériel d'extraction considérable, quelquefois insuffisant et très souvent improductif. Ils terminent en souhaitant de voir résoudre divers autres problèmes par la production à bon marché du froid.

PARFUMS ARTIFICIELS. — M. J. Dupont décrit dans son rapport les emplois multiples du froid, pour provoquer dans les solutions alcooliques les dépôts de cires dissoutes, ou pour séparer par cristallisation les constituants de la plupart des huiles essentielles, telles que l'anéthol, le menthol, le safrol, l'eugénol. M. Dupont attire l'attention de tous les industriels sur l'utilité du froid, surtout dans les industries qui dérivent directement de l'exploitation en grand de procédés issus des laboratoires.

CAMPBRE ARTIFICIEL. — Comme conclusion à la loi énoncée par M. Dupont, citons immédiatement le très intéressant travail de M. Dubosc sur la fabrication du camphre artificiel, dans lequel le froid est employé pour abaisser la température des corps en combinaison pendant la production du chlorhydrate de pinène. L'auteur estime qu'il est nécessaire d'absorber la plus grande partie des 119 000 calories dégagées par la réaction pour 100 kg. d'essence de térébenthine traitée.

L'importance du froid est telle, qu'en l'utilisant, on peut arriver à des rendements dépassant 100 % de l'essence de térébenthine mise en œuvre, alors que les rendements atteignent à peine 35 % lorsque les réactions s'opèrent à la température ordinaire.

CELLULOÏD. — Dans l'industrie du celluloïd, les avis sont unanimes pour reconnaître que le froid n'est nullement utilisé, mais qu'il pourrait rapporter d'assez gros bénéfices aux producteurs avisés. Ainsi, M. Jacquand préconise l'application du froid à la condensation des vapeurs d'alcool et de camphre qui se dégagent en abondance au moment du laminage. D'après lui, ces vapeurs sont actuellement perdues. Elles ne le sont pas partout. En effet, au Congrès de Vienne, nous avons eu la satisfaction d'apprendre que M. G. Claude avait proposé un procédé de récupération des vapeurs de liquides volatils.

Dans une lettre fort intéressante, M. Bernadac signale encore une application du froid aux blocs de celluloïd. A l'heure présente, le refroidissement de ces blocs est obtenu au moyen d'une pluie d'eau, fraîche en hiver, mais souvent chaude en été. Les masses de celluloïd, soudées sur des plaques de fonte, mettent quelquefois ainsi dix à douze heures à refroidir, rendant inutile, pendant un temps qui pourrait être facilement réduit, un matériel coûteux.

Andelys. Parmi les vingt-quatre ponts rencontrés sur le parcours du canal, les ponts-routes seraient transformés en ponts à travées mobiles; les ponts de chemins de fer auraient leurs tabliers surélevés à 22^m,50 au-dessus du plan d'eau.

Le cube des déblais à effectuer atteint 40 millions et demi de mètres cubes, dont 10 500 000 pour les deux tranchées de Bezons et Pont-de-l'Arche, et les autres déblais à sec, et 30 000 000 m³ pour les déblais d'approfondissement par dragages. La dépense maximum serait de 250 millions, et on estime qu'en employant les excavateurs et les dragues actuels à grand débit, le travail pourrait être terminé en six ans.

Comme l'a montré l'exécution du canal maritime de Bruxelles, une telle entreprise peut être conduite sans interrompre ni même entraver le trafic du fleuve. Les ouvrages des écluses ne présentent par eux-mêmes pas de difficultés spéciales et seront construits facilement au moyen de batardeaux et de caissons à air comprimé. Quant au côté financier du projet, il paraît assez séduisant pour qu'une Société ait pu s'engager à faire les travaux et à exploiter le canal sans subvention ni garantie d'intérêt, moyennant perception d'un droit de jauge de 2 francs par tonne; le trafic escompté atteindrait 9 à 10 millions de tonnes par an, chiffre qui paraît admissible en regard de la consommation propre de Paris, et du trafic existant. D'ailleurs, le Conseil municipal de Paris vient de revendiquer la concession de cette entreprise pour la ville de Paris; ici encore l'exemple de Bruxelles a montré que cette solution était parfaitement réalisable, au moyen du concours des communes et départements intéressés.

Il ne faut pas oublier de plus, et cette considération est aujourd'hui d'un intérêt primordial, que l'exécution de projet de Paris-Port-de-Mer, en approfondissant le lit du fleuve en aval de Paris et en augmentant la capacité de débit du chenal, serait la solution certaine du grave problème qu'ont posé les dernières inondations parisiennes. La Commission des inondations a en effet placé en première ligne, dans le rapport de son président, M. Picard, l'approfondissement de la Seine entre Suresnes et Bougival. Ce travail dont le résultat paraît infime à côté de celui qu'assurerait le Canal Maritime, coûterait à lui seul 30 millions. Cette dépense sera d'autant plus difficile à engager qu'elle est destinée à être totalement improductive.

Enfin, les frais d'entretien de la Seine, qui incombent actuellement au budget de l'Etat pour une somme annuelle de 480 000 francs, seraient économisés, car le concessionnaire devra naturellement assurer l'entretien de l'ouvrage.

Les seules oppositions qui aient pu s'élever contre le projet de Paris-Port-de-Mer sont celles du Havre et de Rouen et des Chemins de Fer de l'Ouest; or, ces derniers sont maintenant exploités par l'Etat, qui se heurte à de graves difficultés pour satisfaire aux besoins de la ligne du Havre, dont le trafic est intense, et qui se trouve étranglée à Paris et à Rouen.

L'exemple de tous les grands travaux accroissant des moyens de transport insuffisants, permet de dire que le trafic qui pourra être enlevé momentanément au Havre, à Rouen, et à la voie ferrée, sera rapidement rétabli par suite du développement commercial et manufacturier que doit provoquer Paris-Port-de-Mer. Il y a donc lieu d'espérer que, dans l'intérêt national, les pouvoirs publics solutionneront un projet qui n'attend que leur autorisation pour être exécuté, soit par la ville de Paris, soit par une Société privée. Il n'en coûtera rien au budget, et la région parisienne sera délivrée des périls de l'inondation, tout en recevant un outil merveilleux pour son développement économique.

F.

Effets des tremblements de terre sur les constructions.

M. René d'Andrimont, ingénieur des Mines de l'Etat belge, s'est livré en Calabre et en Sicile, après le tremblement de terre du 28 décembre 1908, à une laborieuse enquête tant sur la

nature géologique du phénomène que sur ses effets destructifs.

Il est instructif d'extraire de son rapport ses conclusions concernant la réédification des édifices détruits, conclusions intéressantes pour les populations sujettes aux influences sismiques.

Exemples de constructions ayant relativement bien résisté. —

- 1° Les murs très épais par rapport à leur hauteur;
- 2° Les constructions massives;
- 3° Les murs circulaires;
- 4° Les voûtes surchargées;
- 5° Le phare du cap Faro et les cheminées rondes dont les profils se rapprochent de celui d'un solide d'égale résistance au renversement;

6° Les maisons construites en briques très plates ou de petites dimensions; celles construites en bois ou en béton armé.

D'une façon générale, les constructions en matériaux homogènes bien assemblés.

Exemples de constructions entièrement détruites. — 1° La cathédrale de Messine; les murs et la voûte étaient épais, mais celle-ci n'était pas surchargée; 2° les maisons construites avec des cailloux roulés assemblés avec du mortier; 3° les maisons construites avec des éléments volumineux mal reliés; 4° les constructions faites avec des matériaux mal assemblés (poutres insuffisamment encastrees). Certaines maisons semblent intactes de l'extérieur, mais tout s'est écroulé à l'intérieur; il n'en reste guère que les murs; 5° les constructions à éléments hétérogènes trop bien reliés (poutrelles reliées à la maçonnerie des murs).

Règles qui pourraient être adoptées pour bâtir dans les régions instables. — Les constructions n'auront pas plus d'un étage, sauf les ouvrages destinés à des usages spéciaux (phares, etc.). Dans ce cas, ils seront calculés d'une façon spéciale; par exemple la tour Eiffel résisterait probablement. On devra adopter, pour toutes les constructions, la charpente métallique, le béton armé ou le bois, de façon à ce que l'ensemble soit indéformable. Le bois sera proscrit dans les agglomérations à cause du danger d'incendie.

Fondations. — Lorsqu'on s'établit sur une roche résistante indéformable, il faut y encastrer l'édifice.

Lorsqu'on s'établit sur un terrain meuble, il faut édifier artificiellement une assise indéformable (béton, béton armé, pilotis reliés entre eux, voûtes épaisses, etc.).

Murs principaux ou ossature métallique. — Ils devront être calculés, non seulement pour résister au poids de l'édifice, mais encore pour résister au renversement et à des efforts alternatifs horizontaux et verticaux. On calculera, par exemple, un montant pour résister non seulement au poids P qu'il supportera, mais encore à une poussée horizontale P uniformément répartie sur sa longueur (rez-de-chaussée), ou à une poussée $\frac{P}{2}$ à partir du premier étage.

Les planchers, les fermes et les toitures seront également calculés avec une surcharge égale à $\frac{P}{2}$.

Murs et cloisons. — Ils seront légers et bien reliés à l'ossature. Ils seront en bois, en béton armé, en briques légères et creuses, etc.

Toit. — Le toit reposera directement sur les montants,

Couverture. — La couverture sera en matériaux légers; elle pèsera tout au plus 40 à 45 kg. au mètre carré.

Escaliers. — Ils seront reliés à l'ossature.

On proscrira l'emploi de la fonte, les balustrades, les balcons les ornements extérieurs en matériaux lourds et non reliés à l'ossature principale.

A. G.

NOTES DE MÉCANIQUE

Etablissement des pistons de presses hydrauliques. — Alliages de bronze et de laiton pour pièces mécaniques. — Les paliers à billes dans la construction des machines-outils.

Etablissement des pistons de presses hydrauliques. — Le piston ou plongeur d'une presse hydraulique consiste essentiellement en un simple cylindre fermé à une extrémité. Il ne comporte pas beaucoup de variantes. Les seules qui sont bien différenciées sont celles des figures 1 et 2; elles se rapportent à la façon dont les joints sont réalisés dans les cylindres. Quand le cuir est placé sur une extrémité du cylindre, comme le montre la figure 1, l'alésage du cylindre doit être bien réalisé ou ce cylindre doit être recouvert de cuivre. Le piston doit avoir un diamètre de 1/2 à 1 pouce plus faible que lui. Si l'on dispose un cuir en U dans le col du cylindre, le piston doit être bien ajusté; son fond n'a pas besoin de l'être.

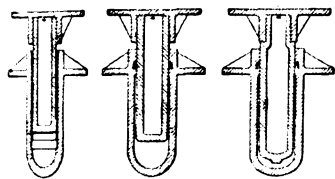


FIG. 1. FIG. 2. FIG. 3.

Cette dernière méthode, d'après *American Machinist* (31 décembre 1910), s'est montrée supérieure à la précédente en même temps que plus économique quand il s'agit de presses à huile, parce qu'on ajuste plus facilement l'extérieur du piston que l'intérieur du cylindre. Malheureusement, dans les presses à eau, le piston se rouille facilement. On pare à cet inconvénient en enfermant le piston dans une gaine de laiton ou en le recouvrant d'une couche de cuivre par électrolyse.

Le fond d'un piston peut être plat ou sphérique, comme les figures 2 et 3 le montrent; il peut porter un bossage d'arrêt. Les pistons doivent présenter un épaulement de 1 pouce 1/2 à 2 pouces dans leur section transversale; cet épaulement est à 1/2 pouce de leur ouverture et permet de mieux les monter sur le tour.

Dans beaucoup de presses, c'est lorsque le piston est sorti d'une grande quantité du cylindre qu'il est soumis à la plus haute pression; il travaille alors comme une colonne en même temps qu'il est soumis à une pression extérieure. Il est difficile de calculer les pistons; on s'est laissé guider jusqu'ici par l'expérience, et souvent on a eu des mécomptes, parce que l'on admettait qu'ils travaillaient avec des charges uniformément réparties sur leurs plateaux, alors que fréquemment il n'en est rien; parfois même les charges sont excentrées.

Pour les presses qui ont une faible course de piston, on emploie ordinairement une pression de liquide de 1 000 à 1 500 livres par pouce carré, et on détermine le diamètre en partant de la charge donnée et de la pression; mais on parvient ainsi à réaliser des pistons trop petits, qui travaillent mal en tant que colonnes, et cela amène à utiliser parfois des pressions de liquide plus faibles.

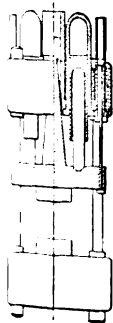


FIG. 4.

On évite les charges excentriques et les efforts latéraux en employant deux cylindres et une traverse guidée, ou des plateaux semblables à ceux des presses à forger (fig. 4). La pression est transmise à la traverse par deux tiges de poussée à extrémité sphérique; une queue centrale guide la traverse et empêche les efforts latéraux.

Les pistons de presse, pour les opérations courantes, sont ordinairement fabriqués en fonte, mais dans le cas des très grandes machines à pression élevée, on se sert de l'acier moulé ou forgé. Les pistons en acier sont les plus convenables et présentent une surface excellente qui prolonge la durée du joint et en augmente l'efficacité. On emploie parfois du métal Delta quand le fer ou le cuivre sont susceptibles de se corroder.

L'épaisseur des parois d'un piston creux dépend de la longueur de ce dernier, de la répartition de la charge et de la pression du liquide. Les sollicitations fondamentales dans les parois sont les suivantes : a) effort de compression circonférentielle dû à la pression extérieure;

b) effort de compression dû à l'action directe de la charge; c) effort de flexion dû à l'excentricité. Appelons :

A, la section transversale du piston creux en pouces carrés;

A', la surface extérieure du fond en pouces carrés;

c, la distance de l'axe neutre à la fibre extérieure en pouces;

D, le diamètre extérieur du cadre, en pouces;

E, le module d'élasticité du métal;

e, l'excentricité de la charge ou la distance de la résultante des réactions sur la plaque à l'axe du piston, en pouces;

I, le moment d'inertie de la section transversale du piston;

K, une constante = $\frac{c}{R}$;

L, longueur du piston en pouces;

P, la pression du liquide en livres par pouce carré;

r, le rayon intérieur du piston en pouces;

R, le rayon extérieur du piston en pouces;

S, la sollicitation unitaire en livres par pouce carré;

S_h, la sollicitation unitaire circonférentielle;

S_c, la compression unitaire;

T, l'épaisseur du piston en pouces = R - r;

T', l'épaisseur du fond du piston;

W, la charge totale sur le fond du piston.

Les pistons avec de petites courses et chargés centralement peuvent être considérés comme des cylindres soumis à une pression externe et à une compression directe. Suivant Lamé, la sollicitation maximum dans un cylindre épais est donnée par la formule :

$$S_h = \frac{2RP}{R^2 - r^2}.$$

La sollicitation de compression due à l'action directe de la charge est exprimée par l'équation :

$$S_c = \frac{W}{A'} = \frac{\pi R^2 P}{\pi(R^2 - r^2)} = \frac{R^2 P}{R^2 - r^2}.$$

On voit que $S_h = 2S_c$.

Si l'on admet 1/4 pour le coefficient de Poisson et en combinant ces deux sollicitations de compression, la sollicitation circonférentielle équivalente est :

$$S = S_h - \frac{1}{4} S_c = \frac{7}{8} S_h = \frac{1,75 RP}{R^2 - r^2}.$$

Cette équation peut prendre la forme :

$$\frac{R}{T} = \frac{1}{1 - \sqrt{1 - 1,75 \frac{P}{S}}}.$$

Si l'on s'en tient à cette relation, pour des pressions de moins de 2 000 livres par pouce carré, les valeurs de T sont petites eu égard à celles de la pratique. Mark, dans son ouvrage « Hydraulic Power Engineering », a donné la formule suivante :

$$T = \sqrt{0,31 D}.$$

Une charge excentrée tend à accroître la sollicitation sur un côté et à la faire diminuer de l'autre, et si l'excentricité est suffisamment grande, un des côtés peut être en tension.

Un piston supportant une charge W placée à une distance e de l'axe est soumis à une compression $\frac{W}{A}$ et à une flexion égale à $\frac{Wec}{I}$, de sorte que la sollicitation maximum résultante est :

$$S = \frac{W}{A} \pm \frac{Wec}{I}.$$

Le signe positif donne la sollicitation de compression et le signe négatif la sollicitation de traction. En substituant les valeurs de W, A, c et I exprimées en fonction de R, r et P, on a :

$$S = \frac{RP}{R^2 - r^2} \pm \frac{4 R^2 P e}{R^2 - r^2}.$$

On peut voir, avec cette formule, que l'excentricité qui produira la sollicitation nulle en un point du périmètre et qui double cette sollicitation en un point décimétralement opposé est :

$$e = \frac{R^2 + r^2}{4R},$$

pour un cylindre creux et qu'elle est $e = \frac{R}{4}$ pour un cylindre plein.

On aurait également :

$$\frac{S}{P} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{T}{R}\right)^2} \pm \frac{4R}{1 - \left(1 - \frac{T}{R}\right)^2}.$$

Les pistons à longue course, comme ceux pour ascenseurs, doivent être calculés comme de longues colonnes d'après la formule d'Euler ; on peut écrire cette formule :

$$B = \frac{15 EI}{L^2},$$

dans laquelle B est la charge maximum ou de rupture en livres. On peut déterminer l'épaisseur des fonds plats par la formule :

$$T = \sqrt{\frac{3r^2 P}{4S}}.$$

L'épaisseur d'une extrémité sphérique ayant un rayon plus faible que le diamètre du piston est généralement prise égale à l'épaisseur des parois.

Alliages de bronze et de laiton pour pièces mécaniques. — Les alliages suivants ont été prescrits, selon Mechanical World, par le bureau des appareils à vapeur du gouvernement des Etats-Unis. Ils sont utiles à connaître pour les mécaniciens :

Laiton commercial.

Cuivre	64,68 %
Zinc	32,34
Fer	2,00 (max.)
Plomb	3,00 (max.)

Métal de Muntz.

Cuivre	59,62 %
Zinc	39,41
Plomb	0,60 (max.)

Métal pour brasures.

Cuivre	84,86 %
Zinc	14,16
Fer	0,06 (max.)
Plomb	0,30 (max.)

Bronze à canons.

Cuivre	87,89 %
Etain	9,11
Zinc	1,30
Fer	0,06 (max.)
Plomb	0,20 (max.)

Bronze de coussinets.

Cuivre	82,84 %
Etain	12,5 à 14,50
Zinc	2,5 à 4,50
Fer	0,06 (max.)
Plomb	1,00 (max.)

Bronze pour robinets.

Cuivre	87,00 %
Etain	7,00
Zinc	6,00
Fer	0,06 (max.)
Plomb	1,00 (max.)

Bronze au manganèse.

Cuivre	57,60 %
Zinc	37,40
Etain	0,75
Fer	1,00 (max.)
Aluminium	0,50 (max.)
Manganèse	0,30 (max.)

Moulages de métal Monel.

Nickel	60,00 %
Cuivre	33,00
Fer	6,50
Aluminium	0,50
Plomb	Néant.

Laiton coulé de marine.

Cuivre	59,63 %
Zinc	35,5 à 40,50
Etain	0,6 à 1,50
Fer	0,06 (max.)
Plomb	0,60 (max.)

Bronze phosphoreux.

Cuivre	80,90 %
Etain	6,80
Zinc	2,14
Phosphore	0,30
Fer	0,06 (max.)
Plomb	0,20 (max.)

Garnitures fileées de tubes en laiton.

Cuivre	77,80 %
Zinc	13,19
Etain	4,00
Fer	0,10 (max.)
Plomb	3,00 (max.)

Nickel métallique.

Nickel	97 % (min.)
------------------	-------------

Anneaux de serrage.

Cuivre	82,0 à 84,00 %
Etain	12,5 à 14,50
Plomb	2,5 à 4,50

Métal Monel en lingots.

Nickel	60 % (min.)
Cuivre	38
Manganèse	2,00

Les paliers à billes dans la construction des machines-outils. — M. Henry Hess a présenté, devant la National Machine Tool Builders Association, une étude sur les paliers à billes dans la construction des machines-outils que nous résumons ci-après. Un des usages les plus anciens de ces paliers est celui des broches verticales des machines à percer. La figure 1 montre un palier de ce genre, il contient un siège compensateur sphérique ; un godet enveloppe le palier et sert au graissage. On dispose également des paliers à billes pour soutenir le poids des lourdes broches ; ces paliers sont placés à la partie supérieure de ces dernières. De même, on reçoit les pressions transmises par le long bras de perçage des perceuses radiales sur un ou plusieurs paliers à billes placés autour de la colonne. On en dispose partout où il y a des poussées à supporter. La figure 2 montre une boîte de vitesses d'une fraiseuse verticale de la Becker Milling Machine Company qui comporte des paliers à billes. La figure 3 se rapporte à une commande de raboteuse de 3^m,50 actionnée par vis tangente avec butées à billes ; on réalise ainsi une marche beaucoup plus aisée de la machine.

La figure 4 est relative à une broche de machine à meuler à axe

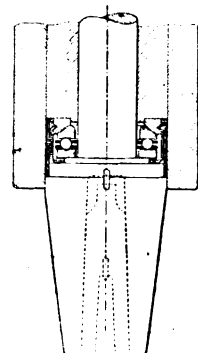


FIG. 1.

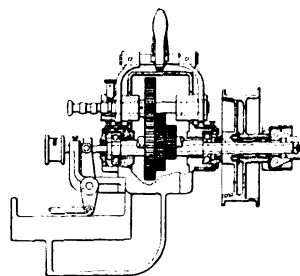


FIG. 2.

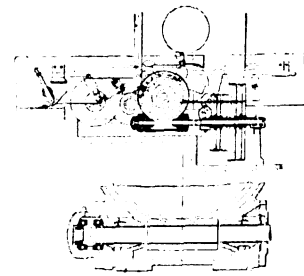


FIG. 3.

vertical ; on peut voir la façon dont la broche est supportée à sa partie supérieure par un palier à billes et dont la poussée de la meule inférieure s'exerce sur un autre palier de ce genre. M. Hess déclare qu'il a installé les paliers à billes partout où il a pu : avec eux on n'a aucun ennui, les courroies ne sautent plus et le graissage est supprimé.

Les exemples précédents se rapportent à des paliers dans lesquels la charge et la vitesse sont uniformes ou varient peu, mais on peut également utiliser les paliers à billes dans les machines qui ont des chocs telles que les presses ou les poinçonneuses. On monte l'arbre du volant ou celui de commande de ces appareils sur des paliers à billes. On réduit ainsi le travail mort de plus de 50 % et le travail total de 40 %.

On a proposé d'améliorer certaines scies à froid en remplaçant les coussinets pleins par des coussinets à billes. On a constaté, par exemple, qu'une scie à disque qui tournait à raison de 4 100 révolutions par minute et exigeait une puissance de 20 chevaux avec des coussinets pleins, usait rapidement ces derniers malgré un arrosage abondant à l'eau et des coussinets en babbitt. Après lui avoir appliqué des coussinets à billes, la puissance a diminué jusqu'à 7 chevaux 1/2, et cette scie a pu marcher pendant une année sans détérioration.

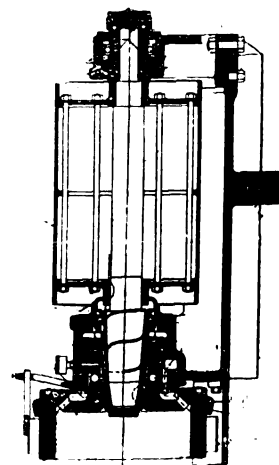


FIG. 4.

La maison Fleck et fils, de Berlin, qui est très puissante dans la construction des machines à bois, applique les paliers à billes à 80 des 159 types de machines qu'elle construit. Ils gagnent 60 % sur la puissance, n'ont pas d'échauffement des paliers et presque pas de dépenses de graissage, mêmes économies dans les tours à métaux. On monte également les contre-arbres sur billes et on réalise de grandes économies.

Les paliers à billes peuvent être trouvés en stocks avec des dimensions variant de 6 mm. de diamètre intérieur à 112 mm. On en construit qui supportent des poussées de 7 000 kg. On a même fait des paliers de butée supportant 13 000 kg. et tournant à 10 tours par minute. On peut, en somme, en fabriquer pour répondre à tous les desiderata. M. Hess indique même des pressions allant jusqu'à 180 tonnes.

P. BREUIL.

NOTES D'ÉLECTRICITÉ

Protection des réseaux aériens de faible étendue contre les surtensions d'origine atmosphérique. — Consommations des diverses sources d'éclairage. — Doit-on électrifier les machines d'extraction dans les mines? — Distributions pour lampes à filaments métalliques.

Protection des réseaux aériens de faible étendue contre les surtensions d'origine atmosphérique. — Lorsque les lignes aériennes sont de peu d'étendue (quelques centaines de mètres au maximum) et qu'elles se trouvent dans le voisinage immédiat de bâtiments protégés contre la foudre (comme c'est le cas pour les usines possédant une station centrale), on se trouve parfois assez embarrassé pour savoir s'il y a lieu ou non d'installer des appareils de protection, et de quelle espèce. On laisse le plus souvent au hasard et à l'installateur le soin de décider. Cette façon de procéder peut entraîner des dépenses inutiles ou des accidents. Voici à ce sujet quelques brèves indications. Il faut considérer, d'une part, les coups de foudre directs, et, d'autre part, les effets d'influence statique et les effets d'induction d'origine atmosphérique.

Contre les premiers, il est toujours difficile de se protéger quoi qu'on fasse. On a contesté, non sans raison, l'efficacité des parafoudres contre les effets de la foudre. Toujours est-il que si les lignes se trouvent sur toute leur étendue dans la zone de protection de paratonnerres, il semble inutile d'augmenter la protection en ajoutant le long de la ligne des parafoudres, dont l'effet est tout au moins douteux.

Les effets d'influence statique et les effets d'induction sont beaucoup plus fréquents que les coups de foudre directs.

Si la ligne se trouve sur toute sa longueur dans la zone d'influence des paratonnerres (on admet généralement qu'une pointe protège une étendue circulaire égale à trois fois sa hauteur environ), il n'est besoin de placer aucun autre dispositif le long de cette ligne.

S'il n'en est pas ainsi, le système de protection le plus efficace semble être celui qui consiste à tendre au-dessus de la ligne un fil de fer ou de cuivre, garni de ronces, et mis à la terre en différents points assez rapprochés. Dans le cas où la distribution comporte un fil neutre, ce fil est tout désigné pour conduire au sol les charges atmosphériques. Les armatures métalliques des bâtiments qui supportent les lignes sont aussi des écrans suffisants, à condition qu'elles soient très soigneusement mises à la terre.

Quoi qu'il en soit, on peut compléter avantageusement ces dispositifs de protection en plaçant un parafoudre et une bobine de self sur chaque conducteur à l'entrée de la station centrale. Les parafoudres qui donnent d'ailleurs les meilleurs résultats, dans le cas qui nous occupe, sont les parafoudres à intervalles multiples reliés à une plaque de terre en cuivre placée verticalement dans un terrain humide ou dans une masse de coke.

Enfin, dans le cas de courants triphasés, il y a avantage à mettre le point neutre à la terre.

Consommation des diverses sources d'éclairage. — ÉTALONS LUMINEUX. — Quand dans le commerce on parle de bougies : une lampe de 10 bougies, de 16 bougies, on indique rarement de quelles bougies il s'agit. Les personnes non initiées ne peuvent se rendre un compte exact de la différence qui existe entre différents éclairages, faute de pouvoir pratiquement ramener les unités employées à un type de comparaison qui pourrait être la bougie décimale-heure. Les lampes à filaments métalliques sont étalonnées le plus souvent en Hefner, alors que les lampes à filament de carbone sont étalonnées en bougies décimales.

La Commission internationale de photométrie, dans sa session de juillet 1907, a adopté les valeurs suivantes :

ÉTALONS LUMINEUX	CARCEL	HEFNER	BOUGIE DÉCIMALE
Carcel	1	10,75	9,61
Hefner	0,093	1	0,895
Bougie décimale.	0,104	1,115	1

D'autre part, les consommations des becs à pétrole et à gaz sont presque toujours indiquées en carcel, et le tableau précédent va nous permettre de traduire toutes ces consommations en une seule unité, la bougie décimale-heure.

PÉTROLE. — La lampe consomme environ 35 grammes par carcel-heure, soit $\frac{35}{9,61} = 3,64$ grammes par bougie décimale-heure.

GAZ. — Le bec papillon consomme environ 125 litres par carcel-heure, soit $\frac{125}{9,61} = 13,007$ litres par bougie décimale-heure.

Le bec à cheminée consomme environ 105 litres par carcel-heure, soit $\frac{105}{9,61} = 10,92$ litres par bougie décimale-heure.

Le bec à incandescence consomme environ 20 litres par carcel-heure, soit $\frac{20}{9,61} = 2,08$ litres par bougie décimale-heure.

ELECTRICITÉ. — La lampe à incandescence ordinaire à filament de carbone consomme 3,5 à 4 watts-heure, moyenne 3,75 par bougie décimale-heure.

La lampe à incandescence à filament métallique, généralement étalonnée en Hefner, consomme 1 à 1,5 watt-heure, moyenne 1,25 par bougie Hefner-heure, soit $\frac{1,25}{0,895} = 1,397$ watt-heure par bougie décimale-heure.

Nous pouvons déduire de ces chiffres de consommation une comparaison des prix de l'éclairage au pétrole, au gaz et à l'électricité : nous ne tenons compte que de la consommation de l'illuminant, sans faire intervenir les avantages ou inconvénients de chaque système, non plus que les dépenses de : verres, manchons, mèches, ampoules, etc.

Nous prenons comme prix courants : Pétrole, p le kilogramme ; gaz, g le mètre cube ; électricité, e le kilowatt-heure, et de la note précédente où nous avons donné la consommation des diverses sources d'éclairage en bougie décimale-heure, nous déduisons immédiatement le prix de l'éclairage pour une bougie décimale-heure.

$$\text{PÉTROLE : } \frac{3,64 \times p}{1\,000}$$

$$\text{pour } p = 0 \text{ fr. } 44 \text{ (soit } 0 \text{ fr. } 35 \text{ le litre)} \quad \frac{3,64 \times 0,44}{1\,000} = 0,0160016.$$

GAZ. — Bec papillon :

$$\frac{13 \times g}{1\,000} \quad \text{pour } g = 0 \text{ fr. } 30 \quad \frac{13 \times 0,3}{1\,000} = 0,0039.$$

Bec à cheminée :

$$\frac{10,92 \times g}{1\,000} \quad \text{pour } g = 0 \text{ fr. } 30 \quad \frac{10,92 \times 0,3}{1\,000} = 0,003276.$$

Bec à incandescence :

$$\frac{2,08 \times g}{1\,000} \quad \text{pour } g = 0 \text{ fr. } 30 \quad \frac{2,08 \times 0,3}{1\,000} = 0,000624.$$

ÉLECTRICITÉ. — Lampes à filament de carbone :

$$\frac{3,75 \times e}{1\,000} \quad \text{pour } e = 0 \text{ fr. } 70 \quad \frac{3,75 \times 0,7}{1\,000} = 0,002625.$$

Lampes à filament métallique :

$$\frac{1,397 \times e}{1\,000} \quad \text{pour } e = 0 \text{ fr. } 70 \quad \frac{1,397 \times 0,7}{1\,000} = 0,0009779.$$

Doit-on électrifier les machines d'extraction dans les mines ? —

Les transmissions électriques apparaissent comme particulièrement désignées pour servir économiquement dans les mines où les appareils à actionner sont séparés par de grandes distances.

Or, les avantages des machines électriques d'extraction sont loin d'être reconnus; les importantes discussions qui ont eu lieu à Newcastle-on-Tyne sont instructives à cet égard, surtout si on les rapproche des intéressants débats qui se produisirent en 1908, au Congrès de Marseille.

On sait en quoi consistent les dispositifs d'extraction : en principe, ils se composent d'un treuil, d'un moteur le mettant en action et de cages, suspendues à deux poulies appelées molettes et mues par le treuil. Les cages servent à amener au jour le minerai ou le charbon et à transporter le personnel et les divers matériaux. Si l'on songe que certaines cages chargées pèsent 20 tonnes, que les puits sont parfois très profonds, et que souvent la production d'une mine est limitée par les quantités que l'on peut monter par chacun des puits, trop coûteux pour être multipliés, on se rend compte du rôle important que jouent les dispositifs d'extraction de leur énorme force vive lorsqu'ils sont en pleine vitesse (analogie quelquefois à celle des trains express), de la puissance considérable du moteur, des à-coups qu'il doit supporter, et des dispositifs de sécurité qu'il faut prévoir pour empêcher les diverses sortes d'accidents.

C'est justement l'importance et la difficulté du problème qui font discuter de près les avantages de la solution électrique encore récente sur l'ancien système éprouvé.

C'est en 1905 que fut installée en France la première machine d'extraction électrique, et un grand nombre d'ingénieurs cherchèrent aussitôt à généraliser cette expérience, en se fondant sur ce fait que les machines d'extraction à vapeur les plus perfectionnées ne consumaient pas moins de 30 kg. de vapeur par cheval-heure utile, eu égard aux conditions d'utilisation, auxquelles le moteur électrique devait mieux se prêter.

En 1908, au Congrès d'électricité de Marseille, l'éminent rapporteur de la question de l'équipement électrique des mines, M. Brunswick, fit l'éloge de l'extraction électrique, en indiquant tous les perfectionnements apportés par les constructeurs. Les ingénieurs électriciens qui représentaient au Congrès diverses mines importantes appuyèrent presque tous les conclusions des rapporteurs, tout en considérant comme très secondaires les avantages économiques de l'électrification, et en insistant au contraire sur les facilités de manœuvre et les caractères de sécurité qu'elle comporte.

Dans quel sens les opinions ont-elles évolué depuis deux ans pendant que l'électrification des machines d'extraction se développait ?

Deux assemblées savantes viennent, en plusieurs séances, de discuter à Newcastle-on-Tyne le point qui nous occupe.

Le 21 novembre, l'Institution of Electrical Engineers, réunie à cet effet, ouvrit les débats. Ils ne prirent fin que le 10 décembre, sans conclusion nette, les orateurs ayant prôné les machines d'extraction électriques, mais en spécifiant presque tous qu'elles n'étaient pas à recommander dans tous les cas; les communications portèrent surtout sur les systèmes électriques et mécaniques employés qui, pour se classer en un petit nombre de types, n'en comportent pas moins encore un assez grand nombre de combinaisons. On en peut tirer cette déduction que les installations électriques d'extraction ne sont pas encore « standardisées ».

La discussion qui eut lieu le 10 décembre, également à Newcastle-on-Tyne, au « North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers », fut autrement intéressante, parce qu'elle mit en présence non plus des électriciens, mais des exploitants. Disons de suite

que l'opinion générale s'est montrée sévère pour les installations électriques.

L'un des orateurs, M. Mountain, reprenant trois exemples d'installations électriques remarquables, et calculant à quels chiffres conduirait, pour les trois mêmes cas, un projet d'installation avec commande, par machine à vapeur, du treuil d'extraction, est arrivé à la suggestive comparaison suivante :

Prix d'installation : 1^{er} exemple, électricité 245 895 fr., vapeur 88 270 fr.; 2^e exemple, mêmes chiffres; 3^e exemple, électricité 228 241 fr., vapeur 159 643 fr.

Frais d'exploitation y compris intérêts et amortissements. 1^{er} exemple, électricité 30 fr., vapeur 11 55 fr.; 2^e exemple, électricité 20 20 fr., vapeur 45 fr.; 3^e exemple, électricité 19 75 fr., vapeur 14 70 fr.

Est-ce à dire qu'on ne doit plus installer de machines d'extraction électriques? Les objections de M. Mountain et de certains de ses collègues sont assurément beaucoup trop pessimistes. Ce qui se dégage toutefois de la lecture complète des débats, c'est que la solution électrique, à son degré actuel de perfectionnement, n'est pas toujours la meilleure, et qu'on ne se trouve renseigné que par des exemples trop récents. Ce qu'il faut, c'est étudier de près les conditions particulières du problème et les installations électriques qui ont été faites dans des cas analogues. On constatera ainsi qu'il ne faut pas toujours électrifier, et dans le cas contraire on saura comment il faut électrifier.

Distributions pour lampes à filaments métalliques. — A l'heure actuelle, où les distributions triphasées jouissent d'une considération aussi universelle que méritée, il y a intérêt à remarquer qu'elles ne correspondent peut-être pas d'une manière complète à l'idéal qu'on peut se former rien que de l'organe le plus répandu pour l'éclairage, la lampe à incandescence à filament métallique.

Cette lampe fonctionne indiscutablement plus longtemps, et avec un rendement un peu supérieur sur courant continu que sur alternatif. D'autre part, l'unité la plus usuelle ayant une puissance au plus égale à 16 bougies, il n'est pas encore possible, au point de vue pratique, de l'alimenter sous la tension de 110 volts; 50 à 55 volts conviendraient au contraire parfaitement. La meilleure lumière et la plus économique (pour ce qui concerne l'éclairage par lampes de faible intensité) serait donc celle fournie par une lampe à filament métallique de 10-16 bougies fonctionnant sous une tension continue maximum de 55 volts, lampe de longue durée, robuste, de prix modéré et de bon rendement.

Il résulte de ce qui précède que des distributions à courant continu à fils multiples comportant des ponts à 55 volts auraient, « théoriquement du moins », des avantages sérieux. Par exemple, une distribution à 5 fils 55-220 volts permettrait l'application des principes précédents sans entraîner aucune modification dans le matériel électrique de série.

Les lampes à incandescence de faible intensité, ainsi que les arcs le brancheraient sur un seul pont. Cette disposition serait particulièrement avantageuse pour les arcs à flamme dont le voltage est un peu plus élevé que celui des autres et, quoi qu'il en soit, les sujétions de groupement des arcs et toutes les complications qui en résultent seraient supprimées.

Les moteurs de très faible puissance (1HP) et les lampes à incandescence de forte intensité seraient branchés sur 2 ponts 110 volts (voltage normal dans l'état actuel des choses pour cette catégorie d'appareils). Les moteurs de puissance supérieure à 1HP. seraient branchés sur les fils extrêmes (220 volts), tension normale actuelle pour cette catégorie d'appareils.

Cette solution présenterait donc de réels avantages pour une petite ville, où la population serait assez dense (ceci afin que l'importance des canalisations ne soit pas trop considérable) ou pour des installations privées.

E. SOUPEY,

Ingénieur des Arts et Manufactures,
Directeur du R. T. E.

NOTES DE MÉTALLURGIE

Les appareils de levage à aimants en métallurgie. — Une lettre du métallurgiste Osmond. — Fabrication de métaux coulés pour pressions élevées. — La constitution de la troostite et le revenu des aciers.

Les appareils de levage à aimants en métallurgie. — La question du chargement des pièces ou matériaux en fer ou en acier prend de plus en plus d'importance dans les usines métallurgiques; on emploie, depuis plusieurs années, des appareils de levage à aimants pour ces opérations.

C'est la maison Otis qui, la première, en 1889, en fit l'application pour la manutention des billettes. Les États-Unis et l'Allemagne sont actuellement à la tête du mouvement et l'on obtient avec ces appareils une économie dans les travaux de transport, une simplification et une grande rapidité des opérations de fabrication.

Tout d'abord, en ce qui concerne les manutentions autour des fourneaux, les ponts roulants à aimants ont permis de remplacer une main-d'œuvre onéreuse pour le cassage et l'enlèvement de la fonte coulée dans les halles.

La firme Stumm, de Neunkirchen, utilisa, il y a cinq ans, un pont qui brisait les gueuses et les chargeait sur wagon. On remplissait un wagon de 15 tonnes en cinquante minutes, y compris la rupture des gueuses; les opérations se faisaient sans aimants. Depuis, elle a fait mieux, en employant un aimant pour le chargement; en effet, la rupture, le levage et le chargement de 35 tonnes de fonte demandent une heure un quart. C'est donc une augmentation de rendement de 50 %, et on enlève les gueuses encore chaudes. Le pont roulant en question a été construit par la Société Lauchhammer; il comporte deux treuils, l'un pour l'appareillage destiné au cassage des fontes, l'autre pour l'électro-aimant. Le poids du marteau frappeur est de 117 kg., la hauteur de chute de 5 mètres; une courroie soulève le poids à raison de 100 mètres à la minute. Un tube rectangulaire guide le poids frappeur.

Lauchhammer, Stuckenholtz et Tigler emploient aussi des frappeurs pneumatiques.

La figure 1 montre l'ensemble de ce pont : à gauche, on voit le treuil avec le marteau casse-fonte; à droite, l'électro-aimant de levage et de chargement.

La Société Lauchhammer fabrique des aimants dont les diamètres varient depuis 650 jusqu'à 1500 mm. Pour lever une tonne de fonte, on dépense, 0 kw.-h. 662 dont 0 kw. 175 pour le poids propre de l'aimant.

La force portante des aimants de l'installation de Carlshütte est de 7 tonnes; la vitesse de levée du marteau de 10 mètres par minute et on emploie pour cela deux moteurs de 15 chevaux; la vitesse de trans-

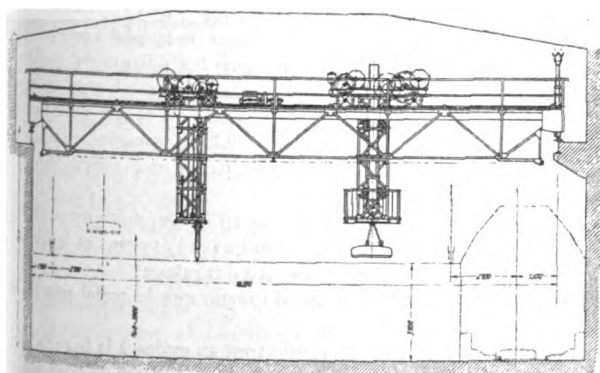


FIG. 1.

lation du pont est de 90 mètres à la minute, celle du treuil à aimant de 50 mètres et celle du treuil à marteau de 25 mètres. Si l'on a affaire à un marteau de 250 kg., on peut le soulever de 2 mètres, 30 fois par minute.

La Maschinenfabrik, de Nuremberg, fabrique des ponts roulants similaires avec aimants Lauchhammer capables de lever 1 000 kg. et chargeant 120 tonnes en dix heures. L'électro-aimant est appliqué également à la manutention des riblons. Son pôle extérieur sert de carapace protectrice pour les bobines et affecte la forme d'une cloche; on a abandonné les aimants rectangulaires.

C'est avec la plus grande facilité qu'on réalise le chargement des riblons dans les aciéries au moyen de ces aimants : on réalise aussi de grandes économies : ainsi, pour décharger à la main ces riblons on dépensait, dans une aciérie, 30 pfennigs par tonne; avec l'aimant, les dépenses s'abaissent à 2 pfennigs, soit une économie annuelle de 30 000 marks. Les manipulations totales tombent de 1 mark à 58 pfennigs par tonne; un pont roulant d'aciérie de ce système répond aux caractéristiques suivantes : levage (5 tonnes), 20 mètres par minute et 29 chevaux de puissance; treuil 60 mètres par minute, moteur de 6 chevaux; pont 100 mètres par minute, moteur de 29 chevaux.

La maison Borsig, qui emploie un pont de ce genre, dépense 45 pf. 19 par tonne manipulée au lieu de 68 pf. 4 et n'emploie plus que deux hommes au lieu de 15; un électro-aimant Lauchhammer de 1300 mm. de diamètre soulève d'un coup 600 à 650 kg. de fer brut, 400 à 450 kg. de fonte coulée en sable, 530 à 540 kg. de ferro-silium, 500 à 550 kg. de riblons.

Dans la construction de ces électros, il faut avoir grand soin de prendre des dimensions telles que les bobines ne s'échauffent pas par suite d'une économie mal comprise de métal conducteur; d'ailleurs la force portante de l'aimant diminuerait avec cet échauffement.

Nous ne pouvons entrer dans les détails de construction de ces électros; nos lecteurs qui s'y intéresseraient pourront se reporter à *Zeitschrift der Vereines deutscher Ingenieure*, d'où nous extrayons ce qui précède. Retenons que ces électros s'usent par suite des chocs qui se produisent lors de leur contact avec les pièces qu'ils enlèvent; on doit donc les munir de pièces de contact amovibles et en métal dur. Voici les constantes se rapportant à quelques électros allemands :

AIMANTS A RIBLONS	I	II	III	IV	V
Diamètre extérieur . . . mm.	750	1 000	1 250	1 500	2 000
Poids propre . . . kgs.	600	800	2 500	2 800	3 300
Consommation de courant. kw.	1,35	5	7	12	14

Pour l'enlèvement des rails, tubes, plaques, etc., les Américains se servent d'électros rectangulaires avec bobine isolée à l'amiante; la firme Lauchhammer adopte un électro-aimant spécial, représenté par la figure 2, qui oriente les lignes de force suivant la grande dimension des pièces à soulever; elle fabrique même de longs électros à plusieurs bobines montées en ligne, les bobines sont constituées par des fils d'aluminium sans isolant; la couche d'alumine qui recouvre ces fils suffit pour assurer leur isolement. En employant deux électros similaires montés sur une longue poutre, on parvient à enlever des pièces qui ont jusqu'à 20 mètres de longueur (longues tôles ou rails). L'introduction de ces aimants de levage marque un progrès indéniable dans les usines sidérurgiques.

Une lettre du métallurgiste Osmond. — Dans le numéro de juin 1909 de *La Technique Moderne*, nous avons publié, M. Cellerier et moi, une note sur la rupture d'un rail en service, comme contribution à l'enquête sur « la fatigue des métaux ». Le maître *Osmond*, qui veut bien s'intéresser à *La Technique Moderne*, nous a adressé, à ce propos, la lettre suivante qui éclaire la question d'un jour nouveau :

« Dans le numéro de juin de *La Technique Moderne*, vous avez publié un article sur la fatigue des métaux et, dans cet article, vous parlez d'un rail où l'examen microscopique a révélé l'existence d'une couche superficielle que montrent très nettement les figures 3 et 4. Vous considérez cette couche comme écrouie. En êtes-vous bien sûr ?

« Qu'il y ait écrouissage tout contre la surface du champignon, cela est prouvé par la schistosité parallèle à la surface. Mais que la ligne tranchée qui sépare la partie supérieure gris clair de la partie inférieure cellulaire soit la démarcation entre une zone très écrouie et une zone peu écrouie, c'est ce qui me paraît bien douteux.

« 1° D'abord, l'écrouissage est généralement progressif; 2° les régions écrouies s'attaquent plus que les régions non écrouies; 3° en regardant à la loupe, on voit que les grains ne sont guère



FIG. 2.

déformés dans la moitié inférieure environ de la zone supérieure gris clair à l'œil nu; seulement les noyaux correspondant à la perlite sont peu attaqués.

« Le cas me paraît exactement semblable à celui du rail de Saint-Néot qui a donné lieu, en Angleterre, à un grave accident, il y a une quinzaine d'années. J'ai eu à examiner ce rail à la demande de Roberts-Austen et les photographies étaient en apparence identiques aux vôtres. Si le phénomène est également le même, il s'agit d'une trempe superficielle. Seulement, l'échauffement a été si rapide que le carbone n'a pas eu le temps de se diffuser. Les grains de perlite se sont transformés en hardénite, avec parfois une bordure se rapprochant de la troostite et correspondant à un petit commencement de diffusion.

« Ces résultats ne peuvent guère s'expliquer que par une friction énergique pendant quelques instants : patinage ou marche avec freins bloqués. La couche portée au-dessus des points critiques, extrêmement mince, a pu se refroidir assez vite par conduction pour que la trempe s'ensuive.

« On obtient le même effet sur les parois du canal d'échappement d'une éprouvette en acier, dans laquelle on a fait détoner un explosif.

« L'étrépage superficiel du champignon a pu se produire à chaud, marquant la fin d'un patinage et l'origine de la trempe. La trempe superficielle a dû déterminer une série d'amorces de rupture pouvant se propager ultérieurement dans la partie saine. Ceci ne veut pas dire, naturellement, que des cassures ne se forment pas et ne se propagent pas par d'autres voies.

« Je n'ai rien publié sur cette observation, Roberts-Austen en a parlé quelque part incidemment et on n'y a pas pris garde.

« Cela cependant me paraît important et c'est pourquoi je vous le signale.

« Veuillez, etc... »

On reconnaît que cette lettre a un grand intérêt pour élucider une détérioration dont le mécanisme est obscur. Nous nous rallierons d'autant plus volontiers à l'opinion de M. Osmond, que nous n'avions pu nous expliquer pourquoi la couche en apparence la plus écaillée se colorait le moins sous les réactifs micrographiques, contrairement à toute attente. C'est parce que le métal de cette couche est trempé. Chacun sait, en effet, qu'un acier trempé se colore moins vite que le même acier naturel. M. Osmond a vu plus clair que nous dans ce phénomène, mais nous n'en sommes pas contristés et nous le remercions respectueusement de nous avoir donné une nouvelle preuve de cette clairvoyance qui l'a mis au tout premier rang des observateurs.

Fabrication de métaux coulés pour pressions élevées. — Le professeur *Carpenter* et son assistant *M. Edwards* ont présenté récemment devant les *Mechanical Engineers* une importante série de recherches sur la fabrication des alliages non ferreux pour pressions élevées. C'est une question intéressante surtout, quand ces alliages ont à subir l'action de la vapeur surchauffée. Les auteurs indiquent d'abord les exigences de l'amirauté anglaise, en ce qui concerne les métaux employés pour de hautes pressions :

1° Un bronze tenant 88 de Cu, 10 de Sn, 2 de Zn qui doit avoir une résistance R de 14 tonnes par pouce carré, et un allongement A de 7 1/2 % mesuré sur 2 pouces; 2° un bronze tenant Cu, 86, Sn, 13, Zn, 1, avec $R = 14$ tonnes par pouce carré et $A = 3$ 1/2 %. On s'en sert dans la marine anglaise pour pièces accessoires de canons; on essaie ces pièces à une pression de 6 000 livres par pouce carré.

On a adopté un bronze au manganèse à haute résistance ayant la composition suivante : Cu = 56,6; Zn = 39,9; Fe = 1,45; Mn = 0,8. Sn = 1,00; Al = 0,25; on le soumet à une pression hydraulique de 6 000 livres par pouce carré; on exige les constantes suivantes : $R = 28$ tonnes par pouce carré A % = 15,50 sur 2 pouces, limite élastique = 15 tonnes. Pour mesurer cette limite, on admet qu'elle est atteinte dès que l'allongement de l'éprouvette est égal à 1 5 de pouce. L'essai hydraulique à 6 000 livres précité correspond à un travail du métal de 3 tonnes par pouce carré.

Les auteurs examinent ensuite les défauts principaux des alliages employés. Ils rapportent ces défauts à plusieurs causes et les présentent comme suit :

1° Défauts dus au métal ou à l'alliage :

a) Écumes dues à l'oxydation; b) Retassure due à la contraction du métal liquide; c) Soufflures dues au dégagement des gaz lors de la solidification; d) Hétérogénéité due à la ségrégation et aux consti-

tuants particuliers, d'où il résulte un moulage cassant, malsain ou des noyaux; e) Tensions dans l'alliage solidifié, dues à l'inégale contraction des constituants; f) Détérioration due aux changements moléculaires en fonction du temps, et qui amènent une cristallisation du métal.

2° Défauts dus au modèle :

a) Tensions durant le refroidissement, par suite des variations brusques de section; b) Plans de faiblesse par suite de la croissance cristalline dans certaines directions (moulages rectangulaires).

3° Défauts dus au moule :

a) Soufflures dues à ce que le moule est trop serré ou trop humide ou à ce que le sable contient de la rouille ou de la calamine.

Les auteurs essayèrent leurs alliages avec une pompe; ces alliages étaient sous forme de cylindres avec une seule ouverture pour le passage de l'ajutage de la pompe. Les cylindres étaient coulés en coquille et avaient 5 pouces 1/2 sur 2 pouces 1/2; leur cavité avait un diamètre de 3/4 de pouce; leurs parois avaient 3/4 de pouce d'épaisseur. Le cuivre et l'étain employés dans certains bronzes étudiés étaient très purs. La fusion était effectuée sous une couche de charbon; on désoxyda avec du phosphore de cuivre à 15 % de phosphore. La coulée fut faite en source. L'alliage de 85 de cuivre et de 15 d'étain résista à une pression intérieure variant de 14 à 20 tonnes par pouce carré; les cylindres se rompirent suivant deux génératrices opposées.

Les auteurs étudièrent les alliages d'aluminium-cuivre tenant de 7 à 11 % d'aluminium. Ces alliages ont les avantages suivants :

1° L'intervalle de solidification est petit; par suite ils sont homogènes;

2° Ils sont très résistants et très ductiles;

c) Ils sont presque inattaquables à l'eau de mer ou à l'eau ordinaire. On les coula à 1 125°, c'est-à-dire à 80° au-dessus de leur point de solidification soit en coquille, soit en sable; ils résistèrent sans se rompre à une pression hydraulique de 18 tonnes, mais ils se déformèrent plus que les alliages de cuivre précédents. Voici leurs constantes mécaniques :

Alliages coulés en sable.

ALUMINIUM	LIMITE apparente d'élasticité	CHARGE maximum	ALLONGEMENT sur 2 pouces
%	Tonnes par pouce carré	Tonnes par pouce carré	%
7,35	6,6	21,30	71
8,12	7,7	24,91	58
8,67	9,8	28,1	48
9,38	9,7	30,38	36,2
9,90	11,3	31,70	21,7
10,78	14,1	29,32	9

Il ne faut pas dépasser 11 % d'aluminium, sinon le métal devient cassant et résiste mal à la pression hydraulique. On peut couler ces alliages en sable vert, les pièces sont encore très résistantes.

Les auteurs fabriquèrent ensuite des raccords avec le bronze à 10,5 % d'aluminium, mais ils eurent des défauts de coulée: ils essayèrent alors d'y parer en désoxydant le métal avec du magnésium, du siliciure de calcium, du carbonate de soude, un mélange de carbonate de soude et de borax, avec 0,5 de manganèse, mais n'obtinrent pas de bons résultats: ils aboutirent aux constatations suivantes :

1° Le métal, qui est visqueux à l'état liquide, doit être coulé lentement pour éviter le contact trop grand avec l'oxygène et la formation d'alumine qui le rend visqueux encore davantage;

2° La coulée doit être disposée de façon que le métal pénètre à la partie la plus basse du moule;

3° On doit éviter le sable humide tout au moins à la base du moule. Ils parvinrent, en observant ces précautions, à faire de bons raccords qui supportèrent de hautes pressions; le manganèse n'est pas favorable à ces alliages. Ces derniers gardent une bonne résistance jusqu'à la température de 350° C. comme des essais l'ont prouvé.

La constitution de la troostite et le revenu des aciers. — *M. Andrew Mac Cance* a abordé ce sujet dans un mémoire présenté devant les *Mechanical Engineers*; on a longuement discuté pour savoir si la troostite était du fer β , de la perlite, une solution colloïdale de carbone dans le fer β ; on a même proposé de supprimer ce constituant; mais on n'avait pas compté avec son éminent créateur : *M. Osmond*, qui, lui ayant donné le jour avec une précision indiscutable, l'a maintenu simplement dans sa nomenclature classique que

tout le monde a adoptée. Qui donc a plus regardé dans un microscope que le maître français ? On obtient la troostite en faisant revenir l'acier trempé; elle est caractérisée par des taches ou une coloration noire. M. Mac Cance, à son tour, a compliqué la question et a vu autre chose que les précédents auteurs; il conclut de ses essais que la troostite

est du fer α qui n'a pas pris sa forme cristalline et qui contient du carbone sous une forme qu'il déterminera plus tard.

Son travail n'est guère qu'une paraphrase de ceux de Heyn et Bauer et de Maurer sur la même question.

P. BREUIL.

NOTES DE CHIMIE

Sur les altérations des bois de construction. — Le fer pur ne se rouille pas. — Platinage des métaux. — Utilisation des gaz de fonderies. — Mélange préalable du gaz d'éclairage avec l'air. — Sur le chauffage au goudron de houille. — Chauffage au gaz des fours de boulangers. — Maçonnage des chaudières à vapeur en béton armé. — Canalisations du gaz à longues distances. — Perméabilité des draps à l'air et à la chaleur.

Sur les altérations des bois de construction. — Les altérations dues au développement de diverses espèces de champignons, leurs caractérisations, les moyens de les combattre ont été l'objet d'une étude d'ensemble des capitaines du génie *Campa* et *Martinet-Lagarde*, dans la Revue du génie militaire.

Les champignons qui occasionnent les ravages les plus étendus sont le *mérule lacrymans*, ainsi qualifié parce que son mycélium sécrète des gouttes d'eau, le *polyporus vaporarius*, et le *stercum hirsutum*.

Le *mérule* se propage sur le bois, la pierre, la maçonnerie avec une rapidité et une intensité qui étonnent. M. le professeur *Crié*, de Rennes, cite l'exemple d'un magasin d'objets de campement, où des couvertures furent percées de trous en même temps que les planches qui les supportaient étaient détruites.

L'examen chimique du *mérule* montre qu'il renferme, en dehors d'une proportion élevée d'eau, de l'azote, de la potasse, de l'acide phosphorique; il trouve l'eau dans les endroits humides, il soutire l'azote à l'ammoniaque et la potasse aux murs salpêtrés. Si on lui refuse ces aliments, on l'empêchera de se développer. En conséquence, on n'utilisera pas le bois dans les constructions de latrines ou d'urinoirs; on n'utilisera pas non plus les plâtras ou les mâchefers pour remplir les hourdis; on isolera les poutres de la maçonnerie au moyen d'hydrofuges ou d'antiseptiques.

La *pourriture sèche* des bois abattus et insuffisamment séchés est due aussi au *mérule*. Tout bois atteint de *rayure rouge* est à rejeter.

Le *polyporus vaporarius* attaque surtout le pied des arbres. A la suite d'une expertise du professeur *Crié* sur la charpente d'un balcon qui s'était effondré, un jugement de juillet dernier du tribunal civil de Caen a condamné l'architecte et l'entrepreneur à 23 000 francs d'indemnités parce que le bois employé était contaminé par ce champignon.

La *pourriture rouge* du chêne, due au *stercum hirsutum*, se rencontre surtout sur les arbres morts en forêt. Le bois naturel du chêne est jaune; tout bois rayé de rouge est contaminé et ne doit pas être admis.

Le bleu et le vert des bois de pins et de sapins empêchent que ces bois puissent servir, sauf à des usages restreints et de courte durée. Tout bois veiné de bleu ou de rouge est suspect.

Pour utiliser en toute sécurité les bois de construction, les seuls moyens pratiques et efficaces consistent en badigeonnages ou trempes d'antiseptiques puissants; les meilleurs seront le carbolineum pour les pièces extérieures et le microsol pour les pièces intérieures. L'usage de ces antiseptiques a de plus l'avantage de protéger le bois contre les agents extérieurs et contre les attaques des insectes.

Le fer pur ne se rouille pas. — L'inaltérabilité du fer pur a intéressé nombre de nos lecteurs. Les recherches de *Moody* et celles de *Friend*, dont ces notes ont parlé antérieurement⁽¹⁾, semblent poser nettement que le fer du commerce peut, dans certaines circonstances, être corrodé fort longtemps sans subir d'oxydation apparente, même au contact de l'air humide. La présence de vapeurs acides doit être hors de jeu, évidemment.

Mais les fers du commerce renferment de si nombreuses impuretés, et des traces même minimes d'impuretés peuvent introduire de si

grands changements dans les propriétés d'une substance, que ces recherches laissent place à contradiction. C'est ce qui a amené MM. *B. Lambert* et *J.-C. Thomson* à reprendre la même étude sur du fer pur, et à le mettre au contact d'oxygène et de vapeurs d'eau aussi pures que possible. (*Journal of Chemical Society*, décembre 1910.) Leurs expériences ont montré que du fer chimiquement pur ne subit pas d'oxydation apparente, lorsqu'elles étaient réalisées dans des vases de silice fondue; même après plusieurs mois, il n'y a aucun changement. Mais une trace d'impureté dans le fer suffit à causer l'oxydation. Si le fer est préparé sans les précautions les plus minutieuses, si le vase où on l'expérimente est en platine, l'oxydation a lieu, même si l'impureté n'a pas un caractère acide.

Platinage des métaux. — On peut recouvrir le fer ou le nickel d'une couche de platine par voie électrochimique en procédant comme il suit : Le procédé dû à M. *Max Baume* consiste, dans son principe, à faire se déposer sur le nickel une couche de nickel et de platine qui s'enrichisse peu à peu en platine. Le principe est très logique pour obtenir un dépôt adhérent, et il pourrait trouver son application dans bien d'autres cas de dépôts métalliques. On emploiera donc des bains renfermant successivement 1/4, puis 2/4, puis 3/4, puis 4/4 de platine, pour 3/4, 2/4, 1/4, 0 de nickel. Il faut au sortir de chaque bain laver soigneusement l'objet, le sécher et le chauffer vers 1 000° en atmosphère d'hydrogène.

Pourra-t-on obtenir enfin, par ce procédé, des fils et des creusets en nickel platiné qui supportent un chauffage élevé, et coûteraient bien moins cher que les mêmes objets en platine pur ?

Utilisation des gaz de fonderies. — Les gaz sulfureux qui s'échappent des fours des usines de cuivre sont fort nuisibles à la végétation voisine, et les agriculteurs d'alentour font entendre leurs justes récriminations. Jusqu'ici, le seul moyen pratique et peu coûteux de les utiliser, au lieu de les jeter dans l'atmosphère, était de les faire servir à la fabrication de l'acide sulfurique.

Un nouveau moyen proposé par M. *G. Westley*, dans l'un des derniers numéros de l'*Engineering and Mining Journal*, consiste à faire passer les gaz provenant du grillage du minerai de cuivre à travers une masse de scories, ce qui permet d'en retirer le cuivre et d'obtenir comme sous-produit marchand du sulfate de fer.

Les phases successives du traitement sont :

1° Action des gaz sulfureux, en présence d'eau, sur la scorie finement divisée;

2° Précipitation du cuivre ou du plomb par les thionates produits au cours de la première phase;

3° Séparation de la silice et du sulfate de fer.

La dissolution du cuivre et du fer est facilitée grandement si l'on opère à une température de 50°.

Les moyens proposés pour l'utilisation des gaz de fonderies sont, en dehors de la fabrication d'acide sulfurique, la réduction de l'acide sulfureux par le coke incandescent, ou mieux par la magnésie, la chaux ou le fer, mais ces méthodes sont coûteuses. Il faut espérer que celle étudiée par M. *Westley* pourra entrer dans la pratique.

Mélange préalable des gaz d'éclairage avec l'air. — Au 37^e Congrès de la Société technique de l'Industrie du gaz, M. *A. Vanderpol* a traité la question nouvelle de la combustion parfaite du gaz obtenue grâce à un mélange préalable du gaz et de l'air. Pour réaliser cette combustion parfaite, il faut procurer au gaz 5 à 6 fois son volume d'air, et la combustion sera d'autant plus régulière et plus parfaite que le contact de l'air avec le gaz sera plus intime. Mais comme le mélange théoriquement le meilleur est explosif, il convient de se tenir en dessous de cette composition: on se contentera d'un mélange de 1 volume de gaz pour 3 volumes d'air; l'air supplémentaire sera fourni aisément grâce à une pression peu élevée, celle par exemple due à l'aspiration d'une cheminée.

⁽¹⁾ Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 8, p. 473.

Plusieurs appareils réalisent ce système de chauffage au gaz, système qui produit une source de chaleur plus constante et plus élevée.

Sur le chauffage au goudron de houille. — Un système installé dans une usine à gaz des environs de Berlin a donné d'excellents résultats sous une chaudière à vapeur. L'installation est des plus simples. Elle comprend un réservoir de goudron, un réchauffeur à serpentins de vapeur qui permet de maintenir le goudron à l'état fluide vers 50°, un régulateur de pression qui est une simple caisse intermédiaire. Le jet de goudron est pulvérisé, au sortir de l'éjecteur, par un jet de vapeur. Sa combustion s'effectue dans une chambre garnie de matériaux réfractaires et munie d'un registre à papillon pour régler l'afflux de l'air.

D'après le Gasbeleuchtung, ce chauffage ne produit pas de fumée. Simple à conduire, économique comme main-d'œuvre, il donna encore, par mètre carré de surface de chauffe, 30 kg. de vapeur, alors que le coke donne 12 à 20 kg., et le charbon 25 kg.

Le maçonnerie des chaudières à vapeur en béton armé. — Ce procédé n'a pas encore reçu toute l'attention qu'il mérite. Un grand nombre d'applications en ont été faites aux Etats-Unis, mais ce nombre cependant reste minime vis-à-vis du total des installations. Bien entendu, le maçonnerie est fait en ciment, mais il est nécessaire de lui mettre un revêtement réfractaire au feu, comme on le fait pour les maçonneries en briques ordinaires.

Un béton fait de gravier et de roche meuble ne résiste pas aussi bien à la chaleur que celui fait de roche cimentée. Le béton au gravier craque et s'émiette, là où un mélange de roche dure résiste. Toute roche douce doit être évitée dans la pierre broyée, et aussi toute pierre calcaire.

C'est le ciment le plus dur et le plus dense qui conduit le mieux la chaleur et présente la plus grande résistance aux températures élevées. Le sable doit être très net, et sans présence de matière végétale, de matière organique, d'argile, etc. Le sable doit être fin, ou tout au moins ne pas dépasser 6 mm., la roche aura 12 à 18 mm. A défaut de celle-ci, on recourra aux escarbilles. Les proportions du béton seront de 1 de ciment de Portland, 2 de sable, 4 de pierre au maximum.

Si l'on fait le béton à la main, on commencera par mélanger ensemble le ciment et le sable secs, puis on ajoutera la pierre; ensuite, on ajoutera la quantité d'eau voulue, et l'on mélange le tout ensemble.

Tous ces maçonneries, quelle que soit la chaudière, répondront aux conditions suivantes: les murs seront doubles, avec un matelas d'air de 10 cm.; le mur intérieur aura 12, ou mieux 15 cm. d'épaisseur. Le mur intérieur et le mur extérieur seront renforcés et reliés ensemble. Pour le renforcement, le mieux est d'employer de l'acier de 1 cm., sur les cintres, à la fois verticalement et horizontalement, et des pièces d'acier à travers l'espace vide correspondant aux barres d'acier. (D'après Engineering Magazine de décembre.)

Chauffage au gaz des fours de boulangers. — M. G. Méker le réalise dans les fours existants sans rien y changer, de sorte que l'on peut passer du gaz au bois et inversement selon les circonstances (1).

Un four ordinaire de boulangerie a 3^m,80 de profondeur, 2^m,50 de largeur, une surface de sole de 8 à 9 m², et une distance entre sole et chapelle de 30 à 35 cm.

Evidemment, un four construit pour utiliser le bois ne permet pas de retirer du gaz tous les avantages possibles; mais l'emploi du gaz permet d'éviter les cendres et d'aller plus vite; la couleur du pain est plus franche; on gagne une heure sur la première fournée et un quart d'heure sur chaque suivante.

Le chauffage par le procédé Méker se fait au moyen d'un grand brûleur, pouvant débiter 20 à 30 m³ à l'heure; ce brûleur est monté

sur chariot de façon à l'amener aisément à la bouche du four. A 16 centimes le mètre cube de gaz, celui-ci peut concurrencer le bois de boulange ordinaire; il faut en moyenne 8 m³ 4 de gaz par 100 kg. de pain cuit.

Canalisations du gaz à longue distance. — Les gaz sous-produits dans la fabrication du coke ne servent pas en totalité pour chauffer les chambres des fours, et la portion restante peut avoir une double utilisation. Ou bien on peut les envoyer directement, par des canalisations développées, aux lieux mêmes de leur utilisation, ou bien on peut les utiliser, sur place même de la fabrication du coke, à produire de l'électricité.

L'utilisation du gaz par transport à distance revient à remplacer le transport du charbon jusqu'aux usines à gaz par un transport plus économique. C'est ainsi que, dans le bassin houiller allemand de la Ruhr, on a établi tout un réseau de conduites de gaz reliées aux fabrications du coke. La production journalière du gaz de coke dans ce bassin dépasse 5 millions de mètres cubes (à 2 cent. 5 le mètre cube). La quantité d'énergie qui y est contenue dépasserait 5 millions de kilowatts-heure.

La ville de Lübeck distribue son gaz au port de Tranemunde, situé à 23 km. La commune de Saint-Margrethou, près du lac de Constance, le distribue à huit autres communes. Les usines à coke voisines d'Essen, de Mülheim sur Ruhr mélangent leur gaz à celui produit par les usines à gaz de ces localités; Barmen, renonçant à exploiter son usine, recevra les 17 millions de mètres cubes qui lui sont nécessaires par an d'une fabrique située à 50 km.; les localités situées sur le parcours s'adressent à la même source, et Essen et Mülheim ont pris des décisions analogues. De même, en Westphalie, Bochum, Gelsenkirchen et nombre d'autres communes ont fermé leurs usines à gaz.

Berlin développe sa distribution de gaz à une distance qui n'atteint pas moins de 47 km.

Ces données sont extraites d'une communication déjà un peu ancienne de M. Menzel, de Berlin, qu'on trouvera en original dans le Journal für Gasbeleuchtung de novembre.

Cette distribution de gaz à grande distance se pratique toujours par surpression, et quelquefois avec gazomètres de relais. Ce qui est surprenant, remarque M. Menzel, c'est que presque la moitié de ce gaz est employée pour la cuisine, et les usines de distribution sont arrivées à presque égaliser les dépenses de jour et de nuit.

Perméabilité des draps. — La perméabilité des draps, draps militaires ou draps civils, vêtements d'hiver et vêtements d'été, aux influences de l'eau, de la lumière, de l'air, de la chaleur, a été l'objet d'un grand nombre de recherches. On les trouvera résumées, la plupart au moins, dans une thèse que M. W. Schulze a soutenue devant l'Ecole supérieure technique de Dresde, pour l'obtention du grade d'ingénieur-docteur. Les recherches personnelles du nouvel ingénieur-docteur, faites en partie avec un appareil dû au professeur Muller, de la même Ecole, ont donné les résultats suivants: Les tissus foulés sont ceux qui possèdent les moindres perméabilités aux différents agents; le foulage semble produire, sur les deux côtés du tissu, un revêtement imperméable. Les tissus épauillés et lavés sont ceux qui possèdent les plus grandes perméabilités, par suite des vides qu'ont laissés, à leur élimination, les particules végétales et la colle. C'est le tissu décati qui offre la plus grande perméabilité à la chaleur. Les divers apprêtages, qui viennent après le foulage, n'ont, en général, que de faibles influences sur les perméabilités, si on excepte l'imprégnation de matières hydrofuges qui viennent mettre obstacle à la perméabilité pour l'eau.

J. GARÇON.

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AÉRODYNAMIQUE

Relation entre la poussée de l'hélice en marche et au point fixe.

— Le rapport de la poussée utile totale au couple résistant n'est pas constant, parce que la direction de la résistance éprouvée par un élé-

ment d'hélice n'est pas rigoureusement normale à cet élément. Elle s'en écarte plus ou moins, ainsi que M. Eiffel l'a montré. Pour de très petites incidences, la résistance s'incline vers l'arrière de la normale, tandis qu'elle passe en avant pour des incidences plus grandes. Le calcul permet de déterminer le rapport de la poussée au point fixe à la poussée en marche; pour des hélices à angle d'attaque de 2°, 6° et 12°, il montre qu'on peut avoir au point fixe des poussées supé-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), p. 511.

rieures, égales ou inférieures à celles prévues pour la marche. (Note de M. Ziembinski, présentée par M. J. Violle à l'Ac. des Sciences, 9 janvier 1911.)

AGRONOMIE

La lutte pour la possession de l'eau. — M. Müntz, comme suite à ses recherches sur la lutte pour la possession de l'eau que se livrent dans la nature les organismes vivants et les milieux naturels, montre que la germination ne peut avoir lieu que lorsque l'affinité de la terre pour l'eau est satisfaite, car alors seulement la terre cède au grain l'eau qui lui est nécessaire. Dans le cas contraire, la terre refuse l'eau au grain, lui enlève même celle qu'il renferme et la levée ne peut pas se faire. Cette affinité de la terre pour l'eau est due à l'argile et à l'humus qu'elle contient.

(Note de M. Ach. Müntz à l'Ac. des Sciences, 7 novembre 1910.)

Rendement en jus des pressoirs. Les essais ont été faits dans les conditions de la pratique, avec une pression de 5 kg. par centimètre carré et une durée de deux heures.

Quand la charge pressée avait une hauteur primitive de 0^m.20, on a retiré 66,8 % du jus contenu dans les pommes; avec une charge de 0^m.30, on a retiré 49,3 %, et avec une charge de 1^m.20 d'épaisseur primitive, le rendement s'est abaissé à 38,5 % du jus contenu dans les pommes, d'où l'intérêt à ne presser que des charges divisées par des claies ou des diaphragmes espacés de 0^m.20 à 0^m.30.

Note de M. Ringelmann, présentée par M. A. Müntz à l'Ac. des Sciences, 5 décembre 1910.)

Liquides insecticides. — Le principe qui doit guider dans l'application des liquides insecticides à la destruction des insectes est avant tout que l'insecte soit mouillé. Pour que cela ait lieu, le liquide doit avoir une très faible tension superficielle. En utilisant cette donnée théorique, on peut déterminer les liquides insecticides les plus actifs. La majeure partie des coléoptères sont mouillés instantanément par des solutions renfermant 5 %₀₀₀ de savon.

Pour obtenir du soufre mouillable, il suffit de lui ajouter 1 % de savon et 1 % de carbonate de soude.

(Note de MM. Vermorel et Dantony, présentée par M. Müntz à l'Ac. des Sciences, 12 décembre 1910.)

L'arséniate de plomb en viticulture. — Pour les raisins des trappes traitées avant la fleur, on ne trouve à la récolte aucune trace d'arséniate de plomb, et les raisins peuvent être consommés sans danger. Pour les raisins traités après la fleur, la râfle retient plus de poison que le grain, mais il peut rester de l'arséniate sur les grains et il peut être dangereux de consommer des raisins qui auraient été traités tardivement.

Note de MM. L. Moreau et G. Vinet, présentée par M. Schlœsing à l'Ac. des Sciences, 12 décembre 1910.)

CHIMIE

Sur les éthers nitreux de la cellulose. — La teneur en azote dans les cotons-poudre ou les collodions est plus grande lorsqu'on la détermine par le procédé Schlœsing que par le nitromètre Lunge. Ce fait est dû à la présence de composés stables qui résisteraient à l'acide sulfurique, ou à celle d'éthers nitreux qui seraient détruits aussitôt.

Des essais de nitration en milieu nitrique ont donné néant avec le coton à froid, et des éthers nitreux en grande quantité avec la soie de viscose. Ces éthers nitreux sont insolubles, à teneur d'azote faible : 12,5 % au maximum. Ils sont saponifiés lentement par l'eau à la température ordinaire, complètement après douze heures d'ébullition; les acides concentrés les saponifient à froid, l'acide acétique ne les attaque que partiellement vers 50°.

Cette destruction par l'acide sulfurique explique pourquoi on ne les retrouve pas au nitromètre. Leur existence dans les nitrocelluloses de coton est une cause de rapide détérioration.

Note de MM. Paul Nicolardot et Georges Chertier présentée par M. Paul Vieille à l'Ac. des Sciences, 24 octobre 1910.)

Sur la préparation de l'argon. — M. Claude signale qu'il est facile d'obtenir l'argon dans les laboratoires, en employant comme matière première l'oxygène fourni par la liquéfaction de l'air.

En effet, si la teneur de cet oxygène est supérieure à 95 %, ce qui en pratique, est toujours le cas, sa principale impureté est l'argon, dont la volatilité est en effet intermédiaire entre celle de l'oxygène et celle de l'azote. Seul un manque d'étanchéité dans

l'installation de compression de l'oxygène pourrait provoquer une prédominance de l'azote. L'oxygène à 96 %, par exemple, renferme normalement plus de 3 % d'argon : c'est donc une matière première trois fois plus riche que l'air et, de plus, l'oxygène est bien plus facile à absorber que l'azote. Il est préférable, au point de vue du rendement, d'éviter les teneurs supérieures à 97 % (tubes d'oxygène comprimé du commerce).

Le mode opératoire consiste à absorber l'oxygène par le cuivre, et l'azote par le magnésium : le cuivre peut être régénéré et la dépense de magnésium est faible par suite de la faible teneur en azote.

(Note de M. Claude, présentée par M. d'Arsonval à l'Ac. des Sciences, 31 octobre 1910.)

Méthode d'analyse des corps gras. — Cette méthode nouvelle est fondée sur la séparation des acides gras concrets d'avec les acides liquides, par application du principe suivant : les sels ammoniacaux des acides gras concrets sont tout à fait insolubles à 13°-14° dans un excès d'ammoniaque liquide, tandis que les sels ammoniacaux des acides liquides sont entièrement solubles.

(Note de M. David, présentée par M. E. Jungfleisch à l'Ac. des Sciences, 31 octobre 1910.)

Purification de l'amidon. — Les grains d'amidon naturels retiennent quelques millièmes de cendres, phosphates alcalino-terreux et silice. Un procédé permet de déminéraliser complètement l'amidon en tirant parti de la coagulation par simple congélation des empois. Cet amidon exempt d'électrolytes est insoluble dans l'eau froide, mais il donne par chauffage des liqueurs moins visqueuses, et si les liqueurs sont diluées, l'amidon purifié se sépare plus aisément. On constate qu'en associant cet amidon purifié avec certaines substances minérales, on reconstitue les formes solubles à froid, gommeuses, etc.

(Note de M. G. Malfitano et de M^{lle} A. V. Moschkoff, présentée par M. L. Maquenne à l'Ac. des Sciences, 7 novembre 1910.)

Dégradation biologique des hydrates de carbone. — Le tyrothrix tenuis, ferment des albuminoïdes, produit une dégradation profonde des hydrates de carbone, par exemple de l'amidon, en passant par le maltose et le dextrose pour descendre de l'hexose au triose par action diastasique, et même arriver au formol et à l'acide acétique.

(Note de M. Fernbach, présentée par M. Schlœsing fils à l'Ac. des Sciences, 28 novembre 1910.)

Ferment bulgare. — Grâce à une diastase encore à isoler, le ferment bulgare possède des propriétés digestives supérieures à celles de la pepsine et de la trypsine. Il détruit les albuminoïdes.

(Note de M. Efferont, présentée par M. Maquenne à l'Ac. des Sciences, 28 novembre 1910.)

Nature des oxydes qui colorent le saphir. — Le saphir d'Australie, de Birmanie et de Montana, doit sa coloration à l'oxyde de titane.

(Note de M. A. Verneuil, présentée à l'Ac. des Sciences par M. A. Lacroix, 5 décembre 1910.)

Décomposition par la lumière ultra-violette. — Le phénomène est général. A chacune des grandes classes de la chimie organique correspond un gaz spécial : l'hydrogène aux alcools, l'oxyde de carbone aux aldéhydes, l'acide carbonique aux acides. Tandis que les composés à chaîne linéaire se condensent pour donner des carbures liquides ou solides, les composés à chaîne ramifiée perdent leurs chaînons latéraux qui engendrent les plus simples des carbures gazeux, le gaz des marais et l'éthane.

(Note de MM. Daniel Berthelot et H. Gaudechon, présentée par M. E. Jungfleisch à l'Ac. des Sciences, 27 décembre 1910.)

La purification des eaux à Washington. — L'installation date d'octobre 1905; on a donc eu le temps de l'apprécier. L'eau est élevée par pompes d'un réservoir jusqu'à des lits de filtration; ces lits sont du type sable à lente filtration; il y en a 29, dont chacun présente une superficie d'un acre (4 046 m²). Le réservoir à eau filtrée cube 68 millions de mètres cubes. Chacune des trois pompes centrifuges de la station élévatrice a une capacité nominale de 180 000 m³ par jour. La maçonnerie est en béton.

Les filtres contiennent 105 cm. de sable et 30 cm. de gravier. Le gravier va du gros au fin; la couche inférieure, qui est constituée de gravier gros, joue le rôle de drains, tandis que la couche supérieure sert de support au sable. Le sable sali est enlevé par un éjecteur; il est lavé et emmagasiné dans des coffres en béton armé. Jusqu'en 1909, on le ramenait aux filtres dans des chariots. Maintenant, il est ramené

au filtre au moyen d'un éjecteur hydraulique. Le procédé est beaucoup plus économique.

L'eau du Potomac étant plutôt trouble, on la laisse déposer dans de grands réservoirs avant de la filtrer. Si le trouble est trop prononcé, il est bon de faire subir à l'eau un traitement au sulfate d'alumine.

(Mémoire de M. E. D. Hardy à l'American Society of civil engineers, 15 février 1911.)

ÉLECTRICITÉ

Essais des canalisations souterraines après pose. — Le problème est compliqué, dès qu'il s'agit de tensions élevées et de grandes longueurs, parce que la dimension du transformateur augmente avec la puissance apparente, c'est-à-dire avec le carré de la tension et la capacité totale du câble. On propose de faire l'essai en courant continu à une tension égale au maximum de celle d'essai prévue en alternatif. L'appareil présenté est celui de la Société des câbles électriques; il repose sur l'emploi du contact tournant de M. Delon.

(Communications de M. Armagnat et de M. Picou à la Soc. internationale des électriciens, 9 novembre 1910.)

Méthode graphique et rapide de mesure du glissement des moteurs d'induction. — Un disque de papier télégraphique Bain est appliqué sur un disque de cuivre, entraîné par le moteur avec une vitesse a fois plus petite que la sienne. Le disque de cuivre communique avec l'une des bornes du moteur par l'intermédiaire d'une résistance de lampes à incandescence, et sur le disque en papier appuie une pointe en fer communiquant avec une autre borne du moteur; la pointe se déplace le long d'un rayon du disque. Chaque trait bleu tracé par la pointe correspond à une période. Soit t le nombre de traits pour un tour du disque, on a pour le coefficient de glissement $g = \frac{t - ap}{t}$.

(Note de M. G.-A. Andrault, présentée par M. A. Haller à l'Ac. des Sciences, 21 nov. 1910.)

Mesure absolue des courants de grande intensité. — La détermination électro-chimique devient impraticable, et l'on est vite limité dans l'utilisation de la boussole des tangentes. En adjoignant à la composante horizontale du magnétisme terrestre, une composante artificielle de grandeur connue dirigée dans le même sens, en plaçant un enroulement auxiliaire vertical et normal au plan du cadre principal, il est possible de ramener la déviation vers l'angle de $\pi/4$ pour lequel l'erreur est minimum.

(Note de M. Marcel Chopin à l'Ac. des Sciences, 5 décembre 1910.)

Appareil de réception du signal horaire hertzien. — A la Tour Eiffel, le récepteur fonctionne avec deux éléments Leclanché, un détecteur électrolytique, et une bobine transformatrice à fil fin et long comme primaire, et à fil gros et court connecté à des récepteurs téléphoniques ordinaires. Le résonateur de syntonie est branché en série entre la pointe du détecteur et le pôle de la pile, d'où suppression du condensateur. L'appareil est devenu autonome.

(Note de M. Paul Jégou, présentée par M. Lippmann à l'Ac. des Sciences, 5 décembre 1910.)

Excitation par chocs dans la télégraphie sans fil. — M. Max Wien a démontré qu'on peut amortir les vibrations du circuit primaire d'un excitateur d'ondes hertziennes, en y intercalant des étincelles très courtes. On perfectionnera l'amortissement en faisant passer les étincelles dans l'hydrogène entre des électrodes de nickel.

(Note de M. Br. Glatzel, présentée par M. J. Carpentier à l'Ac. des Sciences, 5 décembre 1910.)

L'inondation de janvier 1910 et le matériel électrique. — Au chemin de fer d'Orléans, les eaux ont atteint plus de 60 moteurs de traction, faisant partie de l'équipement de locomotives électriques, 200 voitures munies de l'équipement d'éclairage électrique Stone, 200 éléments d'accumulateurs de batterie tampon de 1 100 ampères-heure, une vingtaine de transformateurs, autant de moteurs d'atelier, un grand nombre de petits appareils. Aux chemins de fer de l'État, les unités de traction eurent moins à souffrir, mais le matériel fixe subit des dégâts analogues. La remise en état de la totalité du matériel a demandé dix semaines au chemin de fer d'Orléans, mais le service fut repris un mois seulement après l'évacuation de la gare d'Austerlitz par les eaux. Sur la ligne des Invalides, le déversement de la Seine dans la tranchée se produisit dans la nuit du 25 au 26 janvier;

les eaux purent être complètement évacuées le 20 février et l'ensemble des services électriques fut repris en totalité le 8 mars.

Au secteur de la rive gauche, les eaux ont atteint 13 alternateurs, 3 dynamos, un millier de transformateurs, 1 500 boîtes de jonction. A l'imprimerie Paul Dupont, une centaine de machines ont été immergées; elles ont pu être remises en onze jours. La remise en état du matériel inondé doit être précédée d'un lavage à grande eau, car les enroulements lavés insuffisamment ou trop tard se détériorent rapidement et deviennent irréparables. Les appareils détériorés par des acides ont été plongés dans un bain d'acide sulfurique étendu à 32°, puis lavés à grande eau, passés dans un bain très léger de potasse, et relavés à grande eau. Les enroulements couverts d'huile ont reçu, après le lavage à l'eau, un lavage à l'essence. Les enroulements doivent être débarrassés, avant traitement, de leur entoilage. Les isolants recouvrent leurs qualités après séchage, mais les cartons, plaques de bois, pressans sont déformés et inutilisables.

Les machines à 110 volts peuvent être séchées sans démontage. Mais si le collecteur ne ferme pas complètement l'induit, il faut le démonter.

Le séchage électrique par circulation du courant dans les enroulements a demandé ordinairement plus de temps que l'étuvage. Il a été employé comme moyen unique par les Compagnies d'Orléans et de l'État pour leurs machines fixes.

Le séchage des inducteurs des machines (coton et carton, fil inducteur isolé) du secteur s'est fait en les enfermant dans une étuve, pendant cinq jours, à 70°-80°, et en les déplaçant chacun plusieurs fois pendant ce temps. Les inducteurs des alternateurs (coton et mica-silice, nu sur champ) n'ont pu être séchés qu'après démontage des pôles, immersion de douze heures dans l'alcool, séchage à l'air et séchage de cinq jours à l'étuve. Les inducteurs des alternateurs (amiant) ont pu être séchés sur place, mais il a fallu un mois pour restituer aux deux circuits leur isolement primitif.

Pour les appareils déplaçables, on a employé soit l'étuvage simple, à 110°-125° par chauffage au gaz, soit l'étuvage dans le vide.

Les mêmes méthodes ont donné des résultats excellents en certaines mains, des échecs complets en d'autres. Quel que soit le procédé employé, la température du séchage doit être telle que la tension de vapeur produite dépasse notablement la pression ambiante; le séchage dans l'air à 115° donnera le même résultat que le séchage dans le vide au-dessous de 65°. Le séchage dans le vide à 75°-90° donne d'excellents résultats comme rapidité et perfection du séchage.

Pour les supports en porcelaine ou en verre, un simple nettoyage a été suffisant en général. Pour les supports en bois paraffiné, il a suffi en général de les nettoyer et de les gratter pour enlever le limon.

Le service des égouts a dû gratter et remplacer en partie des canalisations en rails de fer pour trolleys. Les conducteurs isolés sous caoutchouc peuvent supporter une longue immersion quand ils sont neufs; mais s'ils ont quelques années de service, le remplacement s'impose surtout pour les tensions de plusieurs centaines de volts. Les supports fixés avec des boulons et vis de laiton détériorent moins l'enveloppe des câbles que la fixation avec des pièces de fer. Pour les conducteurs sous tubes métalliques, l'immersion est désastreuse; un démontage complet s'impose. Les câbles à haute tension sous papier imprégné, sous plomb, et les accumulateurs ont très bien supporté l'immersion. L'appareillage s'est bien comporté, sauf quand il y a eu électrolyse par suite du maintien du courant après l'immersion.

L'usine des Moulineaux a pu fonctionner sans arrêt, grâce aux conduits de ciment du radier de la salle des machines.

On sait que les appareils électriques, immergés à la mer, ne peuvent pas être remis en état par le séchage.

(Communication de M. Guéry à la Soc. Internationale des Électriciens, 7 décembre 1910.)

Sur la définition des unités électriques pratiques. — La définition par rapport au centimètre ne suffit pas en métrologie. Il faut la représentation de l'étalon. Sera-ce l'ampère ou le volt?

Le watt doit être défini: la puissance engendrée par le déplacement, à la vitesse de 1 m : sec., d'une force capable de communiquer à 1 kg. une accélération de 1 m : sec.

L'unité de champ magnétique ou gauss est le champ qui règne à l'intérieur d'un solénoïde indéfini, parcouru par un courant de 1 ampère et dont la densité d'enroulement uniforme est de $10/4\pi$ tours cm. (Note de M. Ch.-Ed. Guillaume, présentée par M. J. Violle à l'Ac. des Sciences, 3 janvier 1911.)

INDUSTRIE TEXTILE

La chaleur et l'humidification dans le travail des textiles. —

Le travail des textiles exige des conditions spéciales de température et d'état hygrométrique. Placées dans un milieu convenable, les fibres deviennent plus souples et plus lisses. Mais les installations doivent elles-mêmes solutionner le problème de l'hygiène pour les ouvriers : chauffage par l'eau chaude, par la vapeur à basse pression, par la vapeur d'échappement, par la vapeur à haute pression, par l'air chaud ; installations combinant l'humidification, la ventilation et le rafraîchissement pour l'été, ainsi que le chauffage pour l'hiver, soit avec un groupe calorigène unique, soit avec des groupes calorigènes multiples, soit avec un radiateur unique et des ventilateurs multiples, soit avec des radiateurs multiples et un ventilateur unique.

Travail de M. *Henri Neu* à la Société industrielle du Nord. Bulletin de décembre 1910.)

MÉCANIQUE

Évolution des déclics Corliss aux États-Unis. —

« Dans les brevets américains de Sickles, 1842 et 1845, il est question de la combinaison d'une came ou bras à mouvement indépendant, avec un déclie animé d'un mouvement alternatif déclanchant un contrepoids, un ressort ou un autre moteur qui ferme la valve de distribution, revendication qui comprend l'essentiel des déclics Corliss. Cette distribution a été appliquée sur des machines de bateau, pour la commande de leurs soupapes retombant, une fois déclanchées, par leur propre poids ; mais c'est à Georges Corliss que l'on doit l'introduction des distributions à robinets par déclie soumis au régulateur (brevet du 10 mars 1849). Les distributions Corliss sont caractérisées par l'emploi de quatre distributeurs indépendants : deux pour l'admission, deux pour l'échappement, les deux premiers à déclies soumis au régulateur, réduisant les espaces nuisibles et séparant les organes d'échappement de ceux de l'admission, dont on évite ainsi le refroidissement. Ces quatre robinets sont commandés au moyen de bielles articulées sur un plateau oscillant actionné par un excentrique de manière à ouvrir rapidement les robinets. La conduite desmodromique des robinets d'échappement donne une compression et une avance à l'échappement constantes ; l'admission se règle par le déclie. »

À partir du type Corliss à pinces, les déclies très variés peuvent se diviser en deux classes suivant que leur ouverture est provoquée par le glissement d'un des bras du déclie sur une came ou par le roulement d'un galet aussi sur une came soumise au régulateur.

Le déclie de Reynolds de 1877 se distingue par l'emploi d'une fourche légère, qui fonctionne avec une moindre réaction sur l'axe du robinet que ne le fait la pince.

Le déclie de Fraser et Chalmers est caractérisé par l'inclinaison de son dashpot, dont elle augmente le bras de levier au lâcher du déclie.

Le déclie de Sederholm est le premier où l'axe du robinet ait été supporté par un coussinet extérieur au mécanisme du déclie.

En dehors des types Georges Brown, Nordberg, Bass, etc., d'autres types sont à galets roulants.

Note de mécanique de M. *G. Richard* à la Soc. d'Encouragement pour l'industrie nationale, bulletin d'octobre 1910.)

Sur les moteurs désaxés. —

Le but du désaxage est d'atténuer autant que possible la disproportion qui existe entre les réactions latérales du piston d'un moteur à explosion pendant les courses de compression et de détente. Malgré les intéressantes recherches auxquelles ce dispositif a donné lieu, on n'est pas encore bien fixé sur ses avantages et ses inconvénients. Aussi, notre éminent collaborateur M. Petot a-t-il à nouveau étudié la question. Comme ses devanciers, il trouve que les inconvénients provenant des irrégularités cycliques du couple moteur ne sont que très peu aggravés par le désaxage même porté jusqu'à la moitié du rayon de la manivelle et que, par suite, il n'y a pas là une raison de renoncer à ce dispositif. Mais le désaxage permet-il réellement d'atteindre le but qu'on se propose ? M. Petot montre par le calcul que, toutes choses égales d'ailleurs, le maximum de la réaction est relativement d'autant moins diminué que la vitesse de rotation est plus grande pendant la détente. L'inverse se produit pendant la compression.

L'auteur arrive à la conclusion que le désaxage présente un intérêt très restreint, sinon peut-être pour les moteurs fixes à marche lente, du moins pour les moteurs d'automobiles à grande vitesse de

rotation. C'est ce qui explique que ce dispositif est très peu usité, bien qu'il soit de réalisation facile et paraisse logiquement conçu.

(Note de M. *Petot*, présentée à l'Ac. des Sciences, 7 novembre 1910.)

Moteurs marins au pétrole lampant. — L'emploi de ces moteurs se généralise en Danemark, Suède et Norvège. Dans le bassin d'Archachon, plus de 200 pinasses pour pêche à la sardine en sont armées. Le moteur à pétrole est moins encombrant et plus économique que celui à vapeur. Le moteur à essence est indiqué pour les embarcations découvertes, et le pétrole lampant pour les bateaux pontés. Le concours organisé l'an dernier au laboratoire de l'Automobile-Club a réuni cinq appareils : deux étrangers et trois français, fonctionnant exclusivement au pétrole lampant ($d = 0,800$ au moins), développant 35 à 40 chevaux, à une vitesse comprise entre 300 à 650 tours, consommant au maximum 0,45 kg. par cheval-heure à pleine charge.

(Communication de M. *Pérard* à la Soc. des Ingénieurs civils, 18 novembre 1910.)

Arrêt des machines marines. — Calculs relatifs au stoppage et à l'arrêt des navires, contenant les lois complètes du mouvement accéléré ou retardé, qui se produit à tout changement de vitesse et se prolonge jusqu'à ce que le régime nouveau soit pratiquement établi. Les formules obtenues font connaître l'espace parcouru pendant un temps quelconque, compté à partir du changement d'allure de la machine. Elles conduisent à des corrections importantes pour les règles de manœuvre qui ont été établies sans tenir compte de l'inertie. La nécessité de modifier le règlement sur la tactique, de plus en plus inexact à mesure que la masse des navires et leur vitesse augmentent, n'a pas échappé aux manœuvriers. Les calculs sont un corollaire important et imprévu de l'étude expérimentale des mouvements variés du navire.

(Note de M. *E. Bertin* à l'Ac. des Sciences, 27 décembre 1910.)

Compresseur d'air Delsuc. — Cet appareil utilise l'eau sous pression pour comprimer l'air ou tout autre gaz. Il se compose de deux cylindres de même axe et de diamètres différents, dont les deux pistons, le petit inférieur et le grand supérieur, sont reliés invariablement. L'eau des conduites de distribution arrive sous pression dans une chambre latérale au petit cylindre ; un robinet-soupape manœuvré par un levier permet de l'intercepter ou de l'admettre sur le petit piston pour la mise en marche ; la pression de l'eau tend à abaisser ensemble les deux pistons. Un clapet, commandé alternativement par chacun des deux pistons, assure la distribution de l'eau successivement au-dessus du petit piston, ce qui fait descendre le système et aspirer l'air au-dessus du grand piston, puis au-dessous du grand piston, ce qui fait remonter le système, et comprimer l'air. Le mouvement des pistons produit une aspiration et un refoulement comme dans la pompe de compression ordinaire. Le compresseur *Delsuc* donne l'air à une pression égale aux $7/10$ de la pression de l'eau.

(Rapport de M. *Brull* à la Soc. d'encouragement pour l'industrie, décembre 1910.)

Dynamomètre de transmission André Wallon. — On sait que les dynamomètres de transmission sont des appareils disposés de façon à recevoir d'une part et à fournir d'autre part, sans en rien retenir, la puissance à mesurer. Ils diffèrent ainsi radicalement des freins d'absorption qui consomment, pour la mesurer, toute l'énergie disponible et dont le prototype est le frein de Prony. Mais il y a beaucoup de cas où l'application du frein n'est pas possible. On a été conduit à une grande variété de moyens pour mesurer l'énergie fournie par un moteur ou absorbée par une machine réceptrice. On se sert, tantôt de la pesanteur, tantôt de l'élasticité ; on a utilisé aussi le magnétisme. On a eu quelquefois recours (Flacher 1893, Savine, Kennerson) à la pression hydraulique, par exemple, dans les machines à essayer les matériaux, dans les bascules à locomotives et dans les freins de recul des canons.

Cette solution est assez séduisante parce qu'il est facile d'appliquer la force à mesurer à la compression d'un liquide et que la pression ainsi obtenue est déterminée simplement par la connaissance de la surface pressée, laquelle demeure invariable, et par la lecture d'un manomètre placé à quelque distance.

C'est un dynamomètre hydraulique de ce genre que présente M. *Wallon*. Il se distingue des appareils analogues par la simplicité avec laquelle la force à mesurer est employée à produire la pression hydraulique. De deux arbres A et B, ayant même axe, l'un transmet, l'autre reçoit le couple à mesurer. La pièce A se termine en forme de pot de presse et la pièce B en piston plongeur ; la capacité libre est

remplie d'huile et un joint annulaire à cuir embouti s'oppose à toute fuite. Les pièces A et B sont façonnées à leur contact suivant quatre surfaces de vis à filet carré constituant sur chacune d'elles deux dents triangulaires isocèles qui s'emboîtent.

Le couple transmis est proportionnel à chaque instant à la pression p de l'huile. $c = HS p 2\pi$, où H est le pas de l'hélice et S la surface active du piston. Le couple étant connu, il est facile de mesurer la vitesse angulaire et de combiner les deux mesures pour connaître la puissance transmise ou le travail fourni.

(Rapport de M. *Brull* à la Soc. d'encouragement pour l'industrie, décembre 1910.)

Régulateur rotatif à vitesse fixe ou variable. — Les régulateurs de vitesse les plus sensibles employés en astronomie sont ceux qui restent à équilibre indifférent sous le régime normal, et deviennent à équilibre instable vis-à-vis du plus petit écart porté à ce régime. Tel est le régulateur rotatif à ailettes de Foucault. Le nouveau régulateur est plus précis et a l'avantage de pouvoir être réglé en marche.

(Note de M. *Ernest Esclançon*, présentée par M. P. Appell à l'Ac. des Sciences, 3 janvier 1911.)

MÉTALLURGIE

Lois de la résistance à l'écrasement. — Pour définir la résistance à l'écrasement, supposons un cylindre droit à base circulaire placé de façon à recevoir le choc d'un mouton suivant son axe. Le choc est donné de telle façon que, par un seul coup d'une vitesse donnée, la hauteur des cylindres de chacun des métaux essayés soit réduite de $1/5$. On appelle nombre de résistance à l'écrasement, dans ces conditions, le quotient du nombre de kilogrammètres dépensés par le volume total du métal en centimètres cubes.

Cette loi, jointe à la loi de Tresca, permet de déterminer la loi générale de variation de la résistance à l'écrasement avec les dimensions des cylindres d'essai. Elle se traduit géométriquement par un paraboloïde hyperbolique.

Notre collaborateur étudie ensuite les variations de la résistance à l'écrasement des aciers en fonction de la température. (Relation entre les propriétés statiques et dynamiques des aciers.) La résistance à l'écrasement (nombre de kilogrammètres par centimètre cube de métal produisant un écrasement donné en un seul choc d'une vitesse donnée) varie dans tous les métaux en fonction de la température.

La vitesse du choc d'écrasement a peu d'influence jusque vers 400° (hauteurs de chute de 25 cm. à 5 mètres). Aux températures supérieures, la vitesse élève la résistance à l'écrasement.

D'autre part, l'écrasement statique de l'acier paraît se produire d'une façon corrélative de la résistance de rupture. La courbe de résistance aux effets dynamiques paraît donc reculée vers les températures croissantes, par rapport à la courbe des effets statiques. A partir d'une certaine vitesse du mouton de choc, les effets varient peu jusqu'au rouge naissant, peut-être par suite d'un manque de proportionnalité de l'effet de la vitesse, ou parce que la variation de hauteur de chute des moutons ordinaires ne produit pas une grande variation dans le temps de l'écrasement correspondant.

Certains aciers, en particulier les aciers *austénitiques* et quelques aciers *martensitiques*, présentent, à la température ambiante, une résistance aux effets statiques bien plus grande qu'aux effets dynamiques, contrairement à ce qui a lieu dans les aciers perlitiques; de sorte que « l'action de la vitesse dépend du métal expérimenté ».

(Notes de M. *Robin* présentées par M. H. Le Chatelier à l'Ac. des Sciences, 10 et 17 octobre 1910.)

Progrès de la métallurgie du cuivre, du plomb et de l'argent en France. — Après un rappel des méthodes de traitements, et des travaux récents sur le grillage des sulfures, les scories, les mattes, M. Guillet étudie les progrès de la métallurgie du cuivre dans les water-jackets, les amortisseurs, les fours à réverbère; ceux de la métallurgie du plomb dans le grillage, les water-jackets, le raffinage, la condensation des poussières; ceux de la métallurgie de l'argent dans les traitements du plomb ou des minerais d'argent.

En 1909, la production du cuivre a été en France de 7 500 tonnes (production mondiale 844 000 tonnes); celle du plomb de 35 000 tonnes (sur 1 081 909); et celle de l'argent de 55 tonnes (sur 6 603).

(Communication de M. *Léon Guillet* à la Soc. des Ingénieurs civils, 2 décembre 1910.)

Les revenus des produits écronis. — Quelle relation peut exister

entre la position des points de transformation de certains produits métallurgiques et le commencement de la zone du recuit complet? En opérant sur des fils ayant un diamètre uniforme de 2 mm., les revenus obtenus en chauffant dans des bains salins maintenus à la température cherchée avec un écart possible de $\pm 10^\circ$ (temps d'immersion trois minutes), ont montré que :

1° Le recuit complet, caractérisé par les allongements maximum et constants avec la température, est obtenu entre 750° et 800°, aussi bien pour le nickel que pour l'acier dur et l'acier doux, alors que le revenu dure trois minutes; 2° Avant la zone de recuit complet, on note une zone bien connue des fléchissements, laquelle commence vers 400° pour les différents métaux examinés; 3° Il semble qu'un revenu à basse température (250° à 300°) élève un peu la charge de rupture.

(Note de M. *Léon Guillet* présentée par M. H. Le Chatelier à l'Ac. des Sciences, 12 décembre 1910.)

Essai des métaux par l'étude de l'amortissement des mouvements vibratoires. — I. Un métal n'est pas parfaitement élastique; après tout effort, il conserve de faibles déformations. Si ces déformations résiduelles sont négligeables vis-à-vis les déformations élastiques, leur répétition peut produire des altérations profondes. L'amortissement des mouvements vibratoires, vraie manifestation de la viscosité, permettra par sa mesure de suivre l'altération du métal.

La mesure directe des déformations non élastiques est très délicate; le procédé de déformation par torsion ne peut s'employer avec des fils fins et longs. Une méthode de mesure de l'amortissement, due à M. A. Guillet, a permis de mettre en évidence que l'amortissement des vibrations (en diapasons) du fer doux est trois fois plus grand que celui de l'acier doux. M. A. Boudouard a opéré, non plus sur des diapasons, mais sur des barres laminées, analogues à celles fournies par les usines, et encastrées dans un support rigide.

Les résultats n'ont pas répondu aux espérances, car l'essai des métaux par l'étude de l'amortissement des mouvements vibratoires ne permet pas de suivre les altérations d'une manière bien précise et les transformations sont peu sensibles avant la rupture des barres. Cette rupture est toujours obtenue si on prolonge suffisamment le mouvement vibratoire. Les cassures des métaux rompus ont toutes le même aspect.

(Travail de M. A. Boudouard, subventionné par la Soc. d'encouragement pour l'industrie, décembre 1910.)

II. Le nombre de vibrations qui amène la rupture du barreau est en raison inverse de la teneur en carbone. Le fer puddlé est plus résistant que l'acier extra-doux, bien que leurs compositions chimiques soient voisines. L'acier à 0,3 de carbone, trempé ou recuit, n'accuse pas de différence sensible.

(Note de M. O. Boudouard, présentée par M. Bertin à l'Ac. des Sciences, 3 janvier 1911.)

État actuel de la fonderie de deuxième fusion. — Après avoir décrit les usines Sulzer frères à Winterthur (fondées en 1834, 5 000 ouvriers); les fonderies Heinrich Lanz, à Mannheim (1 000 ouvriers); les usines Bopp et Reuther, à Mannheim; la Vereinigte Schmigel und Maschinenfabrik, à Hanovre; enfin l'usine de la Magdeleine de MM. Piat, à Soissons, l'auteur expose quelques observations concernant l'installation d'une fonderie de deuxième fusion.

Dans les usines décrites, les cubilots existants sont des cubilots simples, à deux rangs de tuyères, avec ou sans avant-creusets. Ces appareils ne sont pas utilisés économiquement, puisqu'ils consomment de 8 à 10 % de coke, alors que la quantité théorique est de 3 % kgs de fonte. Selon l'auteur, les tuyères supérieures, les tuyères étagères doivent être proscrites. L'introduction de la vapeur d'eau fait perdre de la chaleur, la récupération des gaz du gueulard ralentit la combustion. On peut économiser 15 à 20 % du coke en chargeant le combustible avec soin et en réglant la pression du vent.

De grands progrès ont été réalisés dans la préparation des sables de moulage. Mais il reste à récupérer le poussier de charbon ou à régénérer le sable. L'installation du moulage mécanique dépend de la main-d'œuvre disponible et des pièces que l'on fabrique.

(Travail de M. L. Thomas présenté à la Soc. de l'Industrie minière. Bulletin de décembre 1910.)

MINES

Présence de l'oxyde de carbone dans l'atmosphère des mines de houille. — Sur neuf prises d'essai provenant de galeries ou de chan-

tiens d'abatage, la moyenne des expériences a donné comme teneur de l'air, en oxyde de carbone 0,002 pour 100 volumes (0,0019 exactement); le maximum ayant atteint 0,004 %, dans un chantier d'abatage, et le minimum 0,0002 %, dans une galerie. L'air de Paris renferme en moyenne 0,00021 d'oxyde de carbone %. A. Gautier).

Le maximum ci-dessus (0,004 d'oxyde de carbone) coïncidait avec le minimum de grisou relevé dans les prises, et le minimum d'oxyde de carbone coïncidait avec le maximum de grisou observé (soit 0,8).

Note de MM. P. Mahler et J. Denet, présentée par M. A. Carnot à l'Ac. des Sciences, 10 octobre 1910.)

Explosif de sûreté. — MM. Taffanel, Fenzy et Durr ont fait détoner, avec bourrage ou sans bourrage, les explosifs de sûreté employés dans les mines françaises. La nature de l'enveloppe a une influence prépondérante sur la sûreté de l'explosif. Si l'on mine au charbon, il est bon de débarrasser le trou de mine des poussières charbonnières; et au rocher comme au charbon, il est recommandé d'enlever au moment du chargement l'enveloppe paraffinée; pour les trous humides, il faut employer les enveloppes de fer-blanc.

(Note de M. J. Taffanel, présentée par M. H. Le Chatelier, à l'Ac. des Sciences, 14 novembre 1910.)

L'énergie électrique aux mines de Lens. — Les groupes électrogènes sont principalement à vapeur à haute pression; leur consommation garantie est de 13 kg. 2 de vapeur par kilowatt-heure à pleine charge, et de 16 kg. 3 à demi-charge, la contre-pression à l'échappement étant de 110 kg. Il existe en outre des groupes avec moteurs à gaz de 500 et 1 800 chevaux, alimentés par les gaz disponibles d'une batterie de 150 fours à coke à régénération, système Koppers, et aussi des groupes à vapeur à basse pression provenant de l'échappement de diverses machines, avec accumulateur-régénérateur de vapeur Rateau, turbo-alternateur et condenseur.

Le courant électrique produit par ces diverses sources d'énergie est recueilli dans un réseau souterrain de 90.600 km. Les stations d'utilisation comprennent des machines d'extraction, des ventilateurs et des compresseurs d'air.

(Communication de M. Besson à la Soc. internationale des électriciens, 7 décembre 1910.)

PHYSIQUE

Mélanges réfrigérants. — Le mélange de deux liquides (sulfure de carbone et formiate de méthyle, par exemple) étant souvent accompagné d'un abaissement de température, M. Duclaux a pensé qu'on pouvait utiliser de tels liquides en profitant de ce qu'ils se prêtent à l'accumulation de l'effet frigorifique. Soient deux liquides qui se refroidissent en se mélangeant: les premières portions mélangées peuvent servir à refroidir séparément les portions suivantes; celles-ci à leur tour refroidiront les suivantes à un degré plus bas, et ainsi de suite, de telle sorte que la température ira sans cesse en s'abaissant. Il suffit pour obtenir ce résultat d'appliquer le principe des échangeurs de température, ou récupérateurs de froid, c'est-à-dire d'introduire les deux constituants, par deux longs tubes, jusqu'au point où ils devront se mélanger, et d'obliger le mélange à refluer, à l'extérieur des deux tubes, sur toute leur longueur jusqu'à la sortie de l'appareil. La construction de cet appareil est très simple, car des tubes du plus petit diamètre (1 mm.), qui se plient à toutes les formes, laissent passer les faibles quantités de liquides nécessaires (1 à 2 gouttes par seconde).

En choisissant les liquides convenables, on peut arriver ainsi à des températures assez basses. Le mélange le plus avantageux est celui de sulfure de carbone et d'acétone (-48°); la dépense a été de 100 cm³ de sulfure de carbone et 70 cm³ d'acétone à l'heure pour maintenir une température de $-43^{\circ}5$ dans un volume de 20 cm³, protégé par un tube à double paroi argentée: la température extérieure était de 22° . Il est facile d'ailleurs de régénérer les constituants grâce à leur égale solubilité dans l'eau, et il suffit d'agiter le mélange à trois reprises avec la moitié de son volume d'eau pour réaliser une séparation à peu près complète, qu'on achève par distillation. Une fois réglés, les appareils permettent de maintenir pendant plusieurs heures une température à peu près constante, ce qui est difficile avec les mélanges réfrigérants ordinaires.

Note de M. J. Duclaux, présentée par M. E. Roux à l'Ac. des Sciences, 24 octobre 1910.)

Sterilisation de l'eau par les rayons ultra-violet. — Les auteurs ont indiqué la stérilisation intégrale par l'utilisation d'électrodes de charbon fourrées d'aluminium. Mais poursuivant leurs

essais, ils se sont aperçus que le facteur principal de la stérilisation de grandes masses d'eau est l'homogénéité de l'insolation. Un dispositif qui fait parcourir à chaque molécule du liquide, par rapport à la source, le même chemin dans des temps égaux, ne peut manquer d'être une solution excellente. L'eau circulera donc en spirale dans un cylindre de 2^m.20 de diamètre, ouvert concentriquement à l'axe suivant un rayon de 10 centimètres. L'eau arrive sous pression, par une lumière, tangentielle à la paroi; la veine liquide s'enroule, en creusant au centre une cavité à paroi presque verticale dans laquelle est placée la source lumineuse.

(Note de MM. Urbain, Cl. Scal et A. Feige, présentée par M. E. Roux à l'Ac. des Sciences, 31 octobre 1910.)

Pyrométrie industrielle. — C'est à Isaac Newton qu'on doit le premier pyromètre industriel (1701); il consistait en une barre de fer dont la vitesse de refroidissement était en relation avec l'excès de température sur le milieu ambiant. Un autre pyromètre industriel, celui de Josiah Wedgwood (1782), fut basé sur l'augmentation du retrait de l'argile soumise, dans un four, à des températures croissantes. Daniell, en 1822, établit un pyromètre en se fondant sur la dilatation d'un barreau de platine encastré dans un tube de graphite. Depuis, Becquerel, en 1826, proposa d'utiliser, pour la mesure des hautes températures, le courant électrique que produit le chauffage d'un couple de deux métaux (fer-nickel, par exemple), fait que Seebeck avait découvert en 1822. Prinsep, en 1828, suggéra une application de la dilatation des gaz; Byström en 1862 breveta la méthode calorimétrique; Ed. Becquerel, en 1863, employa la méthode optique ou de luminosité; W. Siemens, en 1871, se servit de la méthode des résistances électriques, basée sur la diminution de la conductibilité des métaux avec l'échauffement. Toutes ces méthodes sont aujourd'hui employées en pyrométrie. Mais jusqu'en 1886, les industriels utilisèrent peu les pyromètres, parce qu'ils manquaient de précision. Ce furent les perfectionnements apportés en 1910 par H. Le Chatelier à la méthode thermoélectrique pour l'étude du traitement des aciers qui assura l'essor de la pyrométrie industrielle.

(Cantor lectures de M. Ch. R. Darling à la Royal Society of arts, de Londres, séances des 21 et 28 novembre, 5 et 12 décembre 1910.)

Porosité des bougies filtrantes. — On peut arriver à différencier les aptitudes filtrantes des matières premières en mesurant la pression de l'air refoulé à l'intérieur des bougies sèches par la self-introduction violente de l'eau dans les interstices capillaires. Une bougie poreuse doit être imprégnée au préalable d'une eau stérilisée.

(Note de M. Fr. Grenet, présentée par M. Roux à l'Ac. des sciences, 21 novembre 1910.)

C'est à M. Armand Gautier que sont dues les bougies filtrantes en matières plastiques cuites, fabriquées pour la première fois en 1879.

(Note de M. Armand Gautier à l'Ac. des Sciences, 5 déc. 1910.)

Lunette de pointage pour pièces marines. — La lunette de pointage faisant l'objet de ce travail est destinée à des pièces de petit calibre à tir rapide, tirées à l'épaule, et présentant un recul qui peut atteindre 25 cm. Destinée à être fixée directement sur les pièces, elle présente la particularité que l'œil du pointeur doit être tenu à une distance de l'oculaire, dont la prudence fixe le minimum à 60 mm. A cet effet, les auteurs ont placé, à 60 mm, en arrière de l'oculaire, un œillette relié à la lunette par une membrane élastique, qui reporte l'œil à une distance moyenne de 74 mm. en arrière de la lunette.

L'anneau oculaire, c'est-à-dire l'ouverture de l'œillette, a reçu un diamètre de 7 mm., afin d'éviter le rétrécissement accidentel du champ pouvant résulter des mouvements imprimés au pointeur par le roulis. On s'est proposé de réaliser un champ plan sur tout le diamètre.

Les autres conditions à remplir portaient sur le champ total fixé à 11° et le grossissement fixé à 4 diamètres. Le champ de 11° et le grossissement de 4 diamètres, pour une distance de 60 mm. entre l'œillette et l'oculaire, donnent, en y ajoutant les 7 mm. de l'anneau oculaire, une valeur du diamètre de l'oculaire égale à 55,5 mm. On a adopté 60 mm. L'oculaire est composé de deux lentilles, dont chacune est partiellement corrigée des aberrations sphériques et chromatiques, et dont la combinaison paracheve ces corrections. L'épaisseur des lentilles a été réduite autant que possible par l'adoption de verres très réfringents ($n = 1,58$ à $1,65$), et les lentilles ont été calculées de manière à pouvoir être amenées jusqu'au contact.

(Note de MM. H. Violette, E. Lacour et Ch. Florian, présentée par M. E. Bertin à l'Ac. des Sciences, 12 décembre 1910.)

L'éclairage au néon. — Le gaz néon existe dans l'air dans l'infime

proportion de 1/60 000. M. Claude a réussi à l'extraire en quantité suffisante de ses appareils de liquéfaction industrielle de l'air, et comme le néon est un gaz doué d'une propriété de luminescence extraordinaire, il l'a utilisé pour l'éclairage. Des tubes remplis de néon raréfié donnent, avec une dépense extrêmement faible de 0,6 watt par bougie, une lumière orangée très vive. Au Salon de l'Automobile, une partie de la façade était embrasée d'une vive lueur rouge au moyen de quatre tubes au néon de 36 mètres de long, donnant quatre fois 8 000 bougies par le seul passage du courant électrique à travers 200 centimètres cubes de gaz.

L'une des difficultés de l'éclairage au néon est de maintenir ce gaz dans un état de pureté absolue. M. Claude semble y être parvenu en absorbant les gaz que le passage du courant dégage aux électrodes ou sur les parois du tube au moyen de tubes accessoires remplis de charbons absorbants.

(Note de M. Georges Claude, présentée par M. d'Arsonval à l'Ac. des Sciences, 12 décembre 1910.)

Chronophone. — Le chronophone de M. Gaumont est constitué par la réunion d'un cinématographe et d'un phonographe parfaitement synchronisés. Il est destiné à produire les apparences synthétiques de la vie. Afin de faire l'Académie juge de sa réussite, un écran de projection est disposé au fond de la salle; à un signal donné, les appareils dissimulés dans la pièce entrent en fonction, et l'on voit apparaître sur l'écran l'image de M. d'Arsonval lisant la note, le synchronisme du mouvement et des sons étant parfaitement réalisé.

(Note de M. Gaumont présentée par M. J. Carpentier à l'Ac. des Sciences, 27 décembre 1910.)

Application du gyroscope à la prise des vues cinématographiques.

— La stabilité est une condition essentielle pour que l'impression photographique ne soit pas floue. Les oscillations des appareils les plus nuisibles sont celles qui ont leurs axes perpendiculaires à l'axe optique. Pour avoir une impression nette, il suffira de les réduire en appliquant un gyroscope dont l'axe est parallèle à l'axe optique de l'appareil, et cela en remplaçant la manivelle de tournage par un petit moteur pneumatique.

(Note de M. G. de Proszynski, présentée par M. Lippmann à l'Ac. des Sciences, 27 décembre 1910.)

La découverte des anastigmats. — Elle est due à l'ingénieur autrichien Petzval, dans la période 1859-1862, trente ans avant que Rudolf, collaborateur à l'Institut Zeiss d'Iéna, à qui on l'attribue généralement, n'en fit une application heureuse à la photographie.

(Note de M. J. Fleischmann à l'Oesterr. Ingenieur und Architekten-Verein, Zeitschrift, 1910, p. 786.)

TRAVAUX PUBLICS

Nouvelle application du cordeau détonant aux travaux publics.

— Long de 318 mètres, le souterrain d'Hollbeck, qui franchit la crête de partage des bassins de la Lys et de l'Yser, s'est écroulé avant l'achèvement du canal. On l'a remplacé par un canal à ciel ouvert, et on a fait sauter la voûte par l'action simultanée de 2 125 coups de mine, au moyen du cordeau détonant au trinitrotoluène, de 6 mm. de diamètre. Le major Tollen, du génie belge, s'adressa à la maison Davey, Bickford, Smith et Co, de Rouen. Un cordeau central fut déposé suivant l'axe du tunnel dans toute sa longueur; à ce cordeau étaient reliés 2 125 cordeaux latéraux. La charge totale de dynamite s'élevait à 3 210 kg.; 7 000 mètres de cordeau furent employés. Malgré les quantités mises en explosion, le bruit ne fut pas énorme et le déplacement d'air insignifiant. La voûte fut réduite en fragments. C'est la première application de ce genre du cordeau détonant.

(Communication de M. L. Barthélemy à la Soc. des Ingénieurs civils, séance du 2 décembre 1910.)

Tours de ponts. — Elles existent aussi bien sur les ponts en fer que sur ceux en bois ou en pierre. Leur signification, leur mode de construction, leur but s'éclaircissent à leur description.

Le pont pour voie de fer et piétons, construit sur le Rhin, à Köln-Dentz, il y a une cinquantaine d'années, a deux tours de chaque côté. Le pont à deux voies sur le Norderelbe, près Harburg, date de 1871; il a deux tours gothiques reliées par une construction. On connaît l'architecture gothique de l'entrée du pont du chemin de fer à Kohl, 1860. Le pont construit sur le Rhin, près de Worms en 1900, est précédé d'une tour monumentale sous laquelle passe la route; de même, on peut citer la tour du pont construit sur le Rhin, près de Mainz-

Wiesbaden en 1904; les tours d'architecture variée commandant les deux entrées d'un pont sur l'Elbe, près de Magdeburg (1903), le pont sur le Rhin, près de Homberg (1907). Dans le Tyrol, en Suisse, etc., on rencontre encore des ponts en bois recouverts ou dont les piliers, soit à l'entrée, soit au milieu, soutiennent des tours. Le pont qui relie en Angleterre le pays de Galles à l'île d'Anglesey et qui date de 1846, est l'un des plus vieux ponts pour voies ferrées; il a ses deux entrées et chacun de ses trois piliers occupés par une tour.

(Note de M. W. Franz, à la Verein deutscher Ingenieure, janvier 1911.)

Le nouveau pont de la Clyde, à Glasgow. — Sa forme générale est celle d'une grande plate-forme en acier de direction nord-sud; elle supporte une partie de l'avancée de la station centrale du Caledonian-Railway et ses lignes d'approche passent au-dessus de la rivière la Clyde et au-dessus des rues qui longent la Clyde. La largeur entre parapets est de 36 mètres au milieu de la portée centrale, de 35^m,75 à l'extrémité sud, de 62^m,50 à l'extrémité nord, où elle s'épanouit en éventail vers la station. Il n'y a pas beaucoup de ponts de chemins de fer aussi larges. La longueur des cinq parties est d'environ 215 mètres.

Chaque pilier de soutènement a 42^m,67 de hauteur depuis la base de la fondation; les pilastres s'élèvent à 9^m,15 au-dessus du niveau du rail. Ce pont supporte neuf lignes de rails qui convergent en huit lignes. L'ancien pont qui supporte les quatre lignes anciennes a été conservé; il est distinct du nouveau dans presque toute sa longueur, sauf aux deux extrémités où il se soude à l'autre. La hauteur au-dessus de la haute marée reste de 1^m,90; la marée varie de 3^m,35.

L'acier a été recouvert d'une première couche d'huile de lin cuite, puis de quatre couches de peinture. Les plaques et les barres étaient couvertes d'huile avant d'être mises en place, puis, après rivetage, elles ont reçu une première couche d'un mélange de rouge et de blanc de plomb avec de l'huile de lin. Les couches successives de peintures possédaient des teintes différentes, afin de faciliter la surveillance du travail.

Comme le pont passe au-dessus de deux rues, il fallait qu'il fût complètement imperméable; aussi lui a-t-on donné une inclinaison prononcée de façon à recueillir les eaux, et l'a-t-on recouvert d'une couche protectrice d'asphalte de Seyssel sur une profondeur d'environ 7 cm., au-dessus de quoi on a mis une couche d'un béton bitumineux, puis une dernière couche de 2 cm. d'asphalte. La maçonnerie a été revêtue de ciment.

(Mémoire de M. D. A. Matheson à l'Institution of civil engineers, proceedings vol. CLXXXII, p. 4.)

Emploi du béton armé sur le chemin de fer de Wabash, aux États Unis.

— La Compagnie du chemin de fer de Wabash a été l'une des premières (dès 1902) à appliquer le béton armé sur les voies ferrées, principalement à la construction des ponts, galeries, aqueducs, souterrains et murs de soutènement. Elle a actuellement 25 000 milles, soit plus de 40 000 km. en exploitation; son quartier général est à Saint-Louis, et elle rayonne à l'Est vers Chicago, Detroit, Toledo et Buffalo, et à l'Ouest du Mississipi vers Kansas City, Des Moines et Omaha.

Le pont de Saugamon a quatre arches de 30 mètres. Celles du pont n° 11 de Saint-Louis ont 24 mètres. Elles ont été construites par cette méthode. De nombreux revêtements en béton armé ont été faits sur la plate-forme des autres ponts, et le mémoire donne la description de tout un ensemble de types de plates-formes. Pour piliers, culées, impostes, plaques d'assises, le béton armé est d'un usage fréquent, ainsi que pour conduites. Une conduite de 1^m,20 de diamètre demande, par mètre de longueur, 1 300 kg. de matériaux valant en bloc 30 francs : ciment de Portland (170 kg., 107 litres); sable, 230 litres; gravier, 460; clôture en fil de fer de 86 cm., 8^m,50; barreaux d'acier ondulé de 6 mm., 6^m,70.

L'inspection de toutes les constructions des voies est faite chaque mois; l'ingénieur divisionnaire fait aussi une inspection tous les six mois. Même sur les travaux en ciment armé datant de cinq ans, on n'a constaté aucun changement; les constructions ne subissent, sous les charges d'essais comme sous les trains, aucun fléchissement susceptible d'être mesuré par les moyens ordinaires. Le béton armé est donc au moins aussi bon que la pierre, pour les ponts et les galeries; il coûte moins cher. Il a l'avantage sur l'acier de ne demander aucun entretien.

Mémoire de MM. E. R. Matthews et A. D. Cunningham, à l'Institution of civil engineers, proceedings vol. CLXXXII, p. 133.

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

ENSEIGNEMENT

Compte rendu du Congrès international de l'Enseignement technique supérieur
(Bruxelles, 9-12 septembre 1910).

ANALYSE DES RAPPORTS ET COMMUNICATIONS
PRÉSENTÉS AU CONGRÈS

(Suite) (1).

Note sur le renforcement, au point de vue mathématique, des études de l'ingénieur, par M. FLAMACHE, ingénieur en chef des chemins de fer de l'Etat belge, chargé de cours à l'Université de Gand.

L'auteur est d'avis que les connaissances scientifiques distribuées aux élèves ne sont pas suffisamment sérieuses; c'est là, d'après lui, la raison pour laquelle le jeune ingénieur n'est à même de travailler utilement qu'après avoir acquis une pratique qui lui permette d'utiliser les données scientifiques qu'il possède. L'électrotechnique, créée de toutes pièces avant d'entrer dans la pratique, est la seule science qui ait échappé à ce défaut: c'est grâce aux bases mathématiques qu'ont su lui donner les pionniers de cette science qu'il faut attribuer les progrès prodigieux qu'elle a accomplis dans le dernier quart de siècle.

Pour les autres branches de l'art de l'ingénieur, au contraire, des théories exactes qui paraissent devoir rénover l'art de l'ingénieur, ne sont acceptées et introduites dans les cours qu'avec une désespérante lenteur. Ainsi, l'art de l'ingénieur se trouve dépourvu devant les besoins de l'aviation. Or, l'analyse, la mécanique et la physique mathématique ont fait de tels progrès qu'elles pourraient certainement se substituer aux données empiriques infécondes qui se sont installées en maîtresses dans les différentes techniques.

La plupart des ingénieurs sont incapables de saisir la portée de ces sciences parce que leur préparation est insuffisante: les théories nouvelles sont basées sur des conceptions de hautes mathématiques qui ne sont accessibles qu'aux docteurs en sciences physiques et mathématiques.

On devrait accroître notablement le bagage mathématique et physico-mathématique de l'ingénieur, de telle sorte qu'une activité scientifique ne lui soit pas interdite. Pour éviter que cette modification n'entraîne une prolongation de la durée des études, on éliminerait de celles-ci tout ce que l'élève peut apprendre sans maître, les matières documentaires ou historiques, les données d'un caractère descriptif, en condensant les prescriptions de la pratique en un petit nombre de doctrines.

Les professeurs ne sont pas à même de donner des renseignements précis sur la pratique journalière des techniques auxquelles ils ne sont pas mêlés; il vaut mieux par conséquent qu'ils se bornent à des indications générales; les projets, exercices numériques, travaux sur le terrain, etc., pourraient également être réduits. Simplifiés et débarrassés de la plupart des complications qui se présentent dans la pratique, les projets fournis par les élèves sont le plus souvent lamentables; il faut en faire, mais le plus tard possible. Les exercices n'ont pas plus de valeur et ils seraient avantageusement remplacés par des séances

d'application, où un praticien expérimenté ferait connaître comment se résolvent les questions dans la pratique. Enfin, pour ce qui est de la préparation morale, laissons-la se faire dans le milieu industriel plutôt que dans le milieu académique.

Il va de soi que l'augmentation du niveau des études, qui résulterait de la substitution des connaissances scientifiques aux connaissances pratiques, exigerait une modification du régime des examens; le but visé serait que l'ingénieur possédât toute la partie utilitaire de son art et qu'il en connût la partie scientifique si haute qu'elle soit; des examens partiels et des interrogations serviraient à reconnaître si l'élève a compris et absorbé la matière donnée, et l'exercice de fin d'année ne porterait que sur les connaissances qui sont indispensables pour comprendre les cours de l'année suivante ou pour exercer utilement sa profession.

Rapport sur l'organisation des exercices pratiques, des visites collectives d'usines et des stages industriels, par M. PÉPÈTE, ingénieur civil des mines.

La question de l'organisation des exercices pratiques est aussi complexe qu'importante; il y a lieu de distinguer les travaux graphiques, les travaux manuels de laboratoire, la construction et le montage des appareils; les premiers constituent le lien entre les études théoriques et la pratique; ils peuvent largement contribuer au développement de l'élève et permettre au professeur de se rendre compte de l'efficacité de son enseignement; mais il est indispensable que la solution des problèmes proposés exige un effort de la part de l'étudiant et que celle-ci ne lui soit pas montrée dès le début; ces exercices pratiques, à effectuer de préférence l'après-midi, devraient toujours être en relation étroite avec les leçons théoriques et avoir pour objet de préciser la signification de celles-ci; organisés suivant ces principes, à l'Université de Bruxelles, les exercices pratiques graphiques ont donné d'excellents résultats.

Les travaux pratiques de laboratoire ont une portée analogue et ils sont extrêmement utiles pour les sciences expérimentales, la chimie, la physique, la mécanique, etc.; l'exemple donné à ce sujet par certaines écoles techniques spéciales françaises devrait être suivi. Pour que ces travaux puissent recevoir le plus grand développement avec le minimum de frais, il serait bon que les établissements d'enseignement pussent s'entendre avec les industriels pour faire revérifier, par les élèves, les étalonnages, mesures, les essais chimiques, les mesures électriques, etc.

Les connaissances et les tours de main que l'élève retire de ces travaux sont innombrables et, lorsqu'ils se complètent par des visites d'usines, l'ensemble des connaissances pratiques acquises par l'étudiant est considérable; ces visites devraient, ainsi que cela se fait en Allemagne, être obligatoires; elles auraient lieu, pendant la durée des cours, une fois par semaine, par exemple, sous la conduite d'ingénieurs expérimentés ou du professeur.

Après quelques années de cours accompagnés de travaux pratiques, le jeune étudiant serait préparé à faire, dans les usines, des stages de quelques semaines pendant les vacances, de préférence. Afin que ces stages fussent efficaces, il serait bon de créer dans les grandes usines ce que l'on pourrait appeler des bureaux d'essais intermittents, où les jeunes techniciens seraient appelés à étudier et à éprouver les appareils nouveaux, procédés récents, sous le rapport technique et au point de vue économique. La

préparation du jeune ingénieur serait alors suffisante pour que le stage à faire à la sortie de l'école soit réduit au minimum, à trois mois peut-être; ce stage final est indispensable et il doit compléter les études spéciales qu'a faites l'étudiant.

Les réformes à l'étude devraient être accompagnées, dans chaque pays tout au moins, d'une uniformisation de programmes prouvant des garanties égales d'aptitudes du diplômé. L'organisation administrative des écoles devrait être modernisée; les professeurs devraient être mieux rétribués, pour ne plus être obligés de rechercher, dans des occupations extérieures et étrangères à leur cours, des subsides nécessaires.

Opinions de MM. DE KEYSER et BAES, professeurs à l'Université libre de Bruxelles.

La situation est telle, en Belgique, que des études générales approfondies sont indispensables et que la spécialisation ne doit se faire qu'après trois ou quatre ans. Les sciences pures seraient utilement comprises dans les programmes, mais comme ceux-ci sont déjà très chargés, il faudrait se borner à l'histoire des sciences mathématiques et physiques et à l'histoire des connaissances techniques.

Les cours de mathématiques pures devraient être accompagnés, pour les ingénieurs, de cours d'applications, sur des thèmes déjà techniques et non exclusivement mathématiques.

La création d'un grade d'ingénieur docteur technique présenterait peu d'intérêt, s'il n'était pas conféré après plusieurs années passées dans l'industrie.

Le choix des exercices pratiques doit être tel que jamais l'étudiant ne perde de vue la liaison de la théorie et de la pratique, ni l'intérêt immédiat de la théorie qu'on lui développe; bien compris et dirigés autant que possible par les professeurs chargés des cours théoriques correspondants, les exercices pratiques peuvent puissamment contribuer au développement intellectuel de l'élève, en éveillant son sens critique et son esprit d'observation.

Dans les mêmes conditions, les visites d'usines, sous la direction effective du professeur, peuvent être très utiles; l'utilité du stage industriel reste évidente et il est regrettable que les industriels ne se prêtent pas mieux à l'établissement de ce système; le stage ne peut toutefois perdre son caractère de stage d'étude: il doit être court et effectué de préférence pendant les vacances, de façon à ne pas interrompre les études et à ne pas les allonger; il convient que les rapports que l'étudiant fournit sur ses études à l'usine interviennent dans la cote de la valeur de l'étudiant.

Il y aurait intérêt à favoriser le développement des musées; les objets exposés devraient être des appareils réels ou des pièces véritables, plutôt que des modèles en réduction. La création de bibliothèques très complètes, pourvues d'un répertoire bibliographique systématique, est désirable; les projections fixes et cinématographiques sont d'une grande utilité pour les cours descriptifs comme ceux de technologie, par exemple. (A suivre.)

LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION

DU TRAVAIL INDUSTRIEL

L'examen préalable des brevets d'invention.

Des divers projets et propositions de loi sur les brevets d'invention nés au cours de la

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 10, p. 598; n° 11, p. 653; n° 12, p. 717; t. III, n° 1, p. 61.

précédente législature et emportés avec elle de par le jeu normal du règlement de la Chambre, seule jusqu'ici a été reprise la proposition de loi de M. Astier tendant à instaurer en France l'examen préalable des brevets. Le rapport vient d'être mis en distribution, et tous ceux qu'intéresse ce côté de notre activité économique se féliciteront de voir de nouveau soumise au Parlement une des plus vivantes questions de la Propriété industrielle.

On sait que le mode de délivrance adopté pour les brevets d'invention présente de nombreuses modalités qu'on peut ramener à deux systèmes principaux. Dans certains pays (France, Belgique, Brésil, Espagne, Italie, Mexique et Tunisie) les brevets sont délivrés sur simple demande et sous l'égide peu rassurante de la formule S. G. D. G. Dans d'autres, au contraire (Allemagne, Argentine, Australie, Autriche, Canada, Danemark, Etats-Unis, Grande-Bretagne, Hongrie, Japon, Norvège, Russie et Suède), cette délivrance est subordonnée à un examen — examen plus ou moins complet, suivant les législations et aboutissant à des conclusions variées qui vont du simple avis préalable et officieux au rejet de la demande, en passant parfois par l'appel aux oppositions. En un mot, dans le premier système, en vigueur notamment en France, l'Administration délivre le brevet sans s'enquérir de la nouveauté, de la réalité ou du mérite de l'invention. C'est dire que le brevet ainsi délivré ne jouit d'aucune considération, d'aucune valeur vénale. Dans le second système, celui de l'examen préalable, le brevet n'est délivré qu'après un examen qui porte toujours sur la nouveauté et dans certains pays sur la brevetabilité de l'invention.

Entre ces deux régimes, il faut choisir. Il faut dégager et essayer de faire triompher celui qui paraît de nature à servir la cause de notre prospérité économique tout en sauvegardant jalousement les découvertes réalisées par le génie inventif.

A en juger par la richesse d'arguments dont font preuve partisans et adversaires de l'un et l'autre systèmes, le choix ne paraît pas aisé à formuler.

En général, les juristes et les auteurs s'accordent à proclamer l'excellence du non-examen qu'un siècle et plus de pratique a consacré en France. Jusqu'en ces derniers temps, le bloc des juristes français était, sur ce point, resté intangible. Depuis peu cependant, à la lumière des résultats acquis à l'étranger, ce bloc s'est effrité quelque peu et un mouvement s'est dessiné en faveur de l'examen préalable. On a compté avec plaisir au nombre des partisans de ce système des hommes comme MM. Bonnet, Claude Couhin et Mainié, dont la haute compétence n'est pas discutée.

Si nous cherchons à connaître, en cette matière, après l'avis des juristes, celui des industriels, des commerçants et des inventeurs, nous rencontrons là une complète unanimité en faveur de l'examen préalable. L'industriel est peu enclin aux études spéculatives; il s'en tient aux résultats pratiques. Or, il ne lui échappe pas que l'examen préalable lui permettra, s'il est inventeur, d'être fixé rapidement sur la réalité de son invention; s'il est acquéreur de brevet, d'éviter de longues et pénibles recherches pour être fixé sur la valeur de la découverte nouvelle qu'on vient lui soumettre.

Pour départager ces opinions contradictoires, jetons un coup d'œil chez nos voisins puisqu'ils n'ont pas craint de courir les premiers les risques de l'expérimentation. Nous trouvons les pays industriels de premier ordre comme l'Angleterre, l'Allemagne, les Etats-

Unis, etc., appliquant avec un plein succès, bien qu'avec des modalités différentes, le système de l'examen préalable. La traditionnelle Angleterre, attachée depuis des siècles au régime de libre délivrance, s'est ralliée depuis peu au système contraire. Quant à l'Allemagne et aux Etats-Unis, ils s'enorgueillissent à bon droit de leur patentamt et de leur patent office, qu'ils considèrent comme un des plus féconds instruments de leur prospérité industrielle. Avec une décision qui ne surprend plus, le Japon a instauré chez lui le même régime et son Office des brevets est organisé sur des bases beaucoup plus larges que l'Office français de la propriété industrielle.

On pourrait, *a priori*, être tenté de croire que les inventeurs redoutent l'examen de leurs inventions par des examinateurs officiels et qu'ils viennent de préférence vers les législations qui, comme la nôtre, leur offrent, sans débat, les brevets qu'ils demandent. Il n'en est rien. Les inventeurs attachent au contraire un grand prix à obtenir le brevet allemand ou américain, qu'ils considèrent comme la reconnaissance officielle de la valeur de leur découverte. Et s'il est toujours vrai que les arts trouvent leur consécration à Paris, il n'est pas moins exact que les inventions trouvent la leur à Berlin ou à Washington.

De bons esprits ont pensé que cette consécration pourrait également être donnée en France, et M. Astier, qui apporte à l'étude des causes de notre stagnation économique et aux remèdes à y opposer, la compétence et l'ardeur que l'on sait, s'est fait l'interprète du monde de l'industrie en saisissant le Parlement d'une proposition de loi tendant à établir en France l'examen préalable des brevets d'invention.

Cet examen serait exercé par l'Office national de la propriété industrielle qui devrait, pour remplir ce rôle, être réorganisé sur de plus larges bases comprenant notamment un important personnel technique.

Il ne nous est pas possible, dans le cadre de cet article, d'exposer les détails de cette organisation. Qu'il nous suffise de dire que les demandes de brevet seront soumises à l'examen de sections compétentes dont les décisions seront susceptibles d'appel devant une section de recours. La décision rendue, la demande sera soumise à l'appel aux oppositions, c'est-à-dire que toute personne, justifiant d'un intérêt, pourra, pour raisons motivées, faire opposition à la délivrance du brevet.

Nous nous permettons de faire remarquer qu'il conviendrait peut-être, pour éviter les oppositions inconsidérées ou faites dans un but de malveillance, d'introduire une disposition aux termes de laquelle l'opposant, au cas où son action ne serait pas justifiée, pourrait être tenu de verser des dommages-intérêts à l'inventeur et de prendre à sa charge les frais de procédure.

Malgré son raccourci forcé, cet exposé permet de se rendre compte du progrès que réaliserait l'institution de l'examen préalable en France. L'inventeur y gagnerait un titre plus facilement négociable; l'industriel, une sécurité qu'il chercherait vainement sans cela; les procès basés sur des antériorités disparaîtraient presque entièrement; l'examen exercé par des techniciens spécialisés, rompus aux recherches, offrirait une sûreté de beaucoup supérieure à celle que peuvent offrir actuellement devant les tribunaux les experts même les plus sérieux...

A vrai dire, ces avantages ne se discutent plus aujourd'hui. Les adversaires du système, partisan du *statu quo*, recourent, en désespoir

de cause, à des arguments de second ordre. Ils craignent qu'on ne trouve pas les crédits nécessaires pour organiser un service qui exigera un accroissement sensible du nombre des fonctionnaires de l'Office des brevets, et qu'on se heurte à de grandes difficultés pour recruter les techniciens nécessaires pour la mise en pratique sérieuse de l'examen.

Nous ne nous arrêterons guère à ce dernier argument. Nous sommes assez riches en ingénieurs et en savants de mérite pour trouver facilement des cadres offrant les plus sérieuses garanties. Quant à la question financière, il suffit d'examiner ce qui se passe ailleurs pour voir qu'en Allemagne, par exemple, si l'on dépense près de six millions de francs par an pour le fonctionnement du patentamt, on encaisse par contre environ douze millions de recettes. Nous n'en demandons pas tant.

Au surplus, la question de l'examen préalable n'a pas manqué de retenir l'attention des intéressés, et les Chambres de Commerce se sont mises spontanément à l'examen critique de la proposition Astier. Presque partout, que ce soit à Lille, à Marseille, à Beauvais, à Nice, etc., les Chambres de Commerce se sont prononcées en faveur de l'examen préalable. Et si toutes ne se trouvent pas d'accord sur la nature de l'examen qu'elles désirent, si elles hésitent entre les systèmes allemand, américain ou anglais, toutes se rencontrent dans la condamnation unanime du mode actuel de délivrance des brevets.

L'empressement même qu'ont apporté d'aussi importants groupements à l'étude de la réforme proposée démontre que cette question vient à son heure. Elle est digne de l'attention vigilante du Parlement.

Georges LAINEL.
Ancien élève diplômé de l'Ecole
des Sciences politiques.

Mesures d'hygiène contre l'infection charbonneuse.

Un décret du 22 août 1910 prescrit des mesures particulières d'hygiène dans les établissements dont le personnel est exposé à l'infection charbonneuse.

Ces établissements sont ceux où sont manipulés, à l'état brut, des peaux, poils, crins, soies de porc, laines, cornes, os ou autres dérivés d'animaux.

D'après l'article 1^{er}, doivent être considérés comme à l'état brut, les produits ou dérivés qui n'ont pas subi les opérations ci-après :

Pour les crins, poils et soies de porc : étuvage à 130° pendant une heure ou séjour de deux heures dans l'eau bouillante, ou blanchiment;

Pour les peaux : tannage;

Pour les laines : dégraissage industriel;

Pour les os et cornes : étuvage à 130° pendant une heure ou séjour de deux heures dans l'eau bouillante, ou traitement par des antiseptiques actifs.

Pourront être également admis tous les autres procédés de désinfection que le ministre du Travail reconnaitra équivalents.

L'article 4 considère comme dangereuses les industries suivantes, quand elles mettent en œuvre des matières provenant des régions qui seront désignées par un arrêté spécial :

1° La préparation des crins;

2° Le délainage et le lavage, le triage des laines;

3° La mégisserie, la tannerie, la pelletterie;

4° Le triage et le travail des os et des cornes. Sont considérés également comme dangereux, le déballage, les manutentions et les autres opérations effectuées à sec, avant désinfection, sur les matières énumérées à l'article 1^{er}.

Dans les parties d'établissement spécialement affectées à l'exercice des industries ou a-

l'exécution des travaux dangereux, l'article 5 stipule que les précautions ci-après doivent être observées :

1° Dans les ateliers, le sol sera formé d'un revêtement imperméable ou d'un revêtement jointif se prêtant facilement au lavage. Les murs seront recouverts soit d'un enduit permettant un lavage à fond, soit d'un badigeon à la chaux. Ce badigeon sera refait toutes les fois qu'il sera nécessaire et notamment lorsqu'un cas de charbon se sera manifesté. Les tables, établis et sièges, de même que le sol et les murs, seront lavés aussi souvent qu'il sera nécessaire au moyen d'une solution désinfectante.

Les outils seront soumis à des désinfections fréquentes ;

2° Dans les magasins où sont déposées les matières visées à l'article 1^{er}, tout emplacement temporairement inutilisé doit être nettoyé avec emploi d'une substance désinfectante ;

3° Pour les laines, crins, soies de porc et poils, les manipulations seront faites, autant que possible, en vase clos. Celles qu'il est impossible de faire de cette manière, comme l'ouverture des ballots et, s'il y a lieu, l'épousillage, doivent être faites dans des conditions qui permettent de recueillir tous les détritiques et de les détruire ultérieurement ;

4° Dans des locaux séparés des ateliers et magasins où s'effectuent des opérations dangereuses, il sera établi, à l'usage des ouvriers, un vestiaire-lavabo ;

5° Le personnel aura à sa disposition des surtouts pour la manutention des marchandises brutes. Il disposera en outre de protège-nuque pour le cas de transport sur l'épaule.

Certaines dispenses peuvent être accordées dans des conditions déterminées. Un délai d'un an est accordé pour l'exécution des mesures édictées par ce décret, sauf en ce qui concerne les n° 1, 3 et 4 de l'article 5, pour lesquels le délai est de trois années.

CONCOURS

Concours d'appareils militaires d'aviation.

Il est ouvert entre les constructeurs établis en France, et préalablement autorisés par le ministre de la Guerre, un concours d'appareils militaires d'aviation.

Les appareils présentés devront réunir les conditions suivantes :

a) Être construits, y compris les moteurs, en France ;

b) Être capables de fournir un parcours, en circuit fermé et sans escale, de 300 km. ;

c) Pouvoir porter sur ce parcours un poids utile de 300 kg., non compris les matières consommables, huile, essence, eau, etc. ;

d) Être munis de trois sièges pour le pilote, un aide-pilote ou mécanicien et un observateur ;

e) Réaliser une vitesse moyenne propre d'au moins 60 km. à l'heure ;

f) Pouvoir atterrir facilement dans les terres labourées, luzernes, prairies et chaumes, et pouvoir en repartir ;

h) Être d'un transport facile, emballé ou non, par route ou par voie ferrée, et pouvoir être rapidement remis en service sans réglage minutieux.

Il serait en outre désirable que les appareils répondissent aux conditions suivantes :

i) Être munis d'organes de gouverne, soit en double, soit à la portée aussi bien de l'aide-pilote que du pilote, de façon que chacun de ceux-ci puisse indifféremment assurer la conduite de l'appareil ;

j) Pouvoir s'enlever avec la seule main-d'œuvre du bord ;

k) Avoir devant l'observateur un champ aussi grand que possible dépourvu de toute pièce, montant, tendeur, etc.

Tout constructeur désireux de concourir devra adresser une demande au ministre de la Guerre (4^e Direction), avant le 1^{er} juillet 1911.

Les appareils, tout montés et prêts à fonctionner, devront être présentés à la Commission d'examen le 1^{er} octobre 1911.

Les épreuves éliminatoires comporteront :

a) Un examen destiné à reconnaître si les appareils sont construits dans les conditions spécifiées ;

b) Trois vols effectués à charge entière de 300 kg. et avec les approvisionnements au complet, sur des parcours aboutissant à des terrains d'atterrissage choisis.

Les appareils, après avoir atterri en ces points, devront s'élever pour quelques minutes et y atterrir de nouveau.

Après chacun de ces vols, l'appareil sera ramené au point de départ par voie de terre ou de fer ;

c) Un vol, également à charge entière de 300 kg. et avec les approvisionnements complets, au cours duquel les appareils devront aller tourner autour d'un point déterminé et revenir sans escale au point de départ. Des commissaires noteront la durée de ce vol de façon à s'assurer que les appareils ont une vitesse supérieure à celle de 60 km. à l'heure ;

d) Deux vols d'altitude, également à charge complète.

Les appareils devront s'élever en moins de quinze minutes à 500 mètres au-dessus du sol.

Les concurrents disposeront de tout le mois d'octobre pour effectuer ces différents vols et choisiront leurs jours, étant entendu que ces vols auront lieu dans l'ordre indiqué ci-dessus et que seront nuls et non comptés tous départs et arrivées qui se produiraient avant le lever et après le coucher du soleil ou entre 11 heures du matin et 2 heures de l'après-midi.

Sous ces réserves, les concurrents pourront recommencer, à leur gré, les épreuves qu'ils n'auraient pas réussies.

Dans toutes les épreuves, un commissaire pourra prendre place à bord de l'appareil.

Les épreuves éliminatoires ne comprennent pas le vol de 300 km. sans escale qui doit être obligatoirement réalisé par tous les appareils, ce vol devant être accompli dans l'épreuve de classement.

Pendant la période réservée aux épreuves éliminatoires, les concurrents pourront, après en avoir averti le commissaire de service, faire aux appareils telles réparations qu'ils jugeront utiles, à la condition de ne pas sortir les appareils du champ d'aviation.

Ils pourront même, soit changer intégralement le moteur, soit remplacer l'appareil en entier par un autre, mais l'appareil muni du nouveau moteur ou l'appareil nouveau, devra, après avoir subi les épreuves éliminatoires et les avoir subies avant le 31 octobre 1911. Les nouveaux appareils ou moteurs devront sortir des mêmes ateliers que les premiers et être identiques à ceux-ci.

La Commission d'examen dressera, sans appel, la liste des appareils qui, ayant satisfait aux épreuves éliminatoires, seront admis à subir l'épreuve en vue du classement.

Cette épreuve comportera un voyage, aller et retour, sans escale, d'une longueur de 300 km., avec la charge complète de 300 kg., les départs étant donnés par la Commission d'examen au jour fixé par elle et de 5 en 5 minutes dans l'ordre déterminé par un tirage au sort.

Tout faux départ pourra être recommencé, mais le nouveau départ sera reporté après le départ des autres concurrents.

Sur la simple demande d'un concurrent,

cette épreuve — comportant le même voyage — pourra être recommencée une deuxième et une troisième fois. Toutefois, cette demande devra être faite dans les deux jours qui suivront celui de l'épreuve à recommencer. La Commission fixera le jour de ces nouvelles épreuves, en laissant entre deux voyages consécutifs un délai minimum de quarante-huit heures que les concurrents pourront consacrer à la remise au point et aux réparations sur place de l'appareil, étant entendu que l'appareil lui-même ni son moteur ne pourront être changés.

Les autres concurrents seront libres de prendre part, ou non, à ces nouvelles épreuves, mais le classement définitif du concours sera basé sur le meilleur des voyages effectués par chaque appareil.

Le prix du concours sera attribué au constructeur de l'appareil qui aura exécuté, dans le moindre temps, l'épreuve prévue.

Le prix consistera en une somme de 100.000 francs payée au gagnant contre l'abandon à l'Etat de l'appareil primé.

En outre, il sera fait au constructeur de l'appareil primé une commande de 10 appareils semblables qui lui seront payés à raison de 40.000 francs par appareil dont la vitesse propre serait de 60 km. à l'heure.

Ce prix unitaire sera augmenté d'une somme de 500 francs pour chaque kilomètre de vitesse propre à l'heure en plus des 60 premiers km.

Les constructeurs des appareils qui auraient été classés deuxième et troisième recevront respectivement une commande de 6 et de 4 appareils semblables qui seront également payés au prix de 40.000 francs par appareil, plus une somme de 500 francs par chaque kilomètre de vitesse propre à l'heure en plus des 60 km.

Dans le cas où il n'y aurait que deux concurrents classés, le numéro 1 aurait la commande de 12 appareils, le numéro 2 aurait la commande de 8 appareils, et si un seul concurrent était classé, il aurait la commande de 20 appareils.

Concours pour le sauvetage des équipages de sous-marin.

Le Ministère de la Marine a institué un concours doté de 100.000 francs de prix pour l'invention d'appareils ou de dispositifs de sauvetage de l'équipage de sous-marin. Le Ministère de la Marine tient à la disposition des concurrents un plan schématique au 1/100 d'un sous-marin de 400 tonnes. Pour tous renseignements s'adresser au Ministère de la Marine à Paris.

DIVERS

Répertoire pour favoriser le développement de l'exportation française.

Le comité de direction de l'Office national du commerce extérieur vient d'adopter un projet de M. Mercier, directeur de l'Office, tendant à la création d'un « répertoire pour favoriser le développement de l'exportation française ». Ce répertoire permettra de connaître les maisons françaises désireuses de faire ou qui font de l'exportation, et mettra l'Office en mesure de répondre aux personnes résidant à l'étranger ou aux colonies, demandant soit l'indication de fabricants ou producteurs français susceptibles de leur fournir des articles déterminés, soit la désignation de maisons françaises cherchant des représentants sur les marchés du dehors.

Les maisons françaises qui demanderont leur inscription dans le « répertoire » auront à remplir une fiche-questionnaire. Les réponses seront facultatives.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES DES OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS

Aéroplanes (Stabilité des) : Surfaces métacentriques, par M. BRILLOUIN, professeur au Collège de France. — 1 vol. in-4° de 78 pages, avec figures, 3 fr. 50. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris, 1910.)

L'auteur indique d'abord comment on peut construire la courbe métacentrique d'un aéroplane à surfaces planes, pour les diverses inclinaisons dans le plan de symétrie. Il discute les diverses formes de cette courbe, le nombre des points de rebroussement, le nombre des attitudes stables suivant la position du centre de gravité par rapport à cette courbe.

Il étudie ensuite les conditions que doivent remplir les manœuvres des gouvernails, ailerons, etc., pour ne pas faire naître d'oscillation.

Certains cas d'indétermination du mouvement permanent des aéroplanes rigides sont discutés dans la première note. Quelques caractères généraux de la résistance des fluides au mouvement permanent d'un corps rigide sont étudiés dans la seconde note.

Le Blanchiment, par CHAPLET (A.) et ROUSSET (H.). *Chimie et technologie des procédés industriels de blanchiment* in-8° (19-12) de 171 pages avec 10 figures; 1910. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*.) Broché, 2 fr. 50; cartonné, 3 francs. (Gauthier-Villars, éditeur, Paris, 1910.)

Cet aide-mémoire complet mais succinct renferme de nombreux renseignements sur les principes de l'industrie du blanchiment et les applications pratiques : généralités sur les divers agents de blanchiment, les procédés de décreusage, le chlorage, les méthodes de lavage, traitements mécaniques, l'essorage et le séchage; description des divers traitements usités pour le blanchiment des toiles et cotonnades, de la laine et de la soie, etc. — J. G.

Chimie organique (Traité de). Tome I, par V. RICHTER, R. AUSCHUTZ, G. SCHOETTER, professeurs à l'Université de Berne, traduit d'après la 11^e édition allemande par H. GAULT, chargé de cours à l'Université de Besançon. — 1 vol. gr. in-8° de 884 pages. Relié toile, 25 fr. (Béranger, éditeur, Paris, 1910.)

Ce traité justement réputé en Allemagne méritait d'entrer dans l'enseignement français. Il y avait déjà en France de nombreux cours de chimie organique, mais celui-ci se recommande particulièrement par sa concision et sa clarté et par le choix critique des matériaux qui y ont été rassemblés. Le tome I de cet ouvrage traite des généralités, des carbures acycliques, des dérivés oxygénés des carbures saturés : alcools, aldéhydes, cétones, acides, éthers, amides, nitriles, des hydrates de carbone et des substances albuminoïdes. — P. H.

Les Cubilots américains (Extraits du *Manuel du Mouteur*), par Thomas-D. West, ancien mouleur et directeur de fonderie, traduit d'après la neuvième édition américaine par P. AUBÉ, ancien élève de l'Ecole nationale des Arts et Métiers, ingénieur en chef du Service des fonderies de la Société métallurgique de Gorey. — In-8° (23-14) de viii-210 pages, avec 49 figures, 7 fr. (Gauthier-Villars, éditeur, Paris, 1910.)

L'étude détaillée des cubilots à soufflage central de West, est la première qui ait été publiée en France et on trouvera dans cet ouvrage les renseignements complets sur leur construction, leur conduite et leur entretien.

On y trouve traitées les questions suivantes : Petits cubilots. Le coke et la houille dans la fusion de la fonte. Economie et intelligence dans la fusion. Construction des cubilots. Vent et combustion. Décrassage des cubilots. Section des tuyères et des conduites de vent. Les cubilots dans la pratique américaine. Etude pratique des cubilots à « soufflage central ». Cubilot à soufflage central Stott. Economie et construction de cubilots à soufflage central. Fusion et mélange de l'acier avec la fonte pour obtenir des moulages résistants ou trempés. Tuyères. Vent. Chargement du cubilot. Fusion. Changements de composition chimique dus à la fusion. Gaz du cubilot. Pertes à la fusion. Emploi des bocages. Travail et conduite du cubilot Combustible. Influence de la section des tuyères. Hauteur de la cuve. Pression du vent. Hauteur du lit de coke. Rapidité de fusion. Conduite et entretien des cubilots. Mélange et calcul des charges. — P. B.

L'Électricité et ses applications, par le Dr L. GRETZ, professeur à l'Université de Munich. Traduit sur la quinzième édition allemande par Georges TURCHY, ingénieur-conseil. Préface par H. LÉAUTÉ, membre de l'Institut. — 1 vol. gr. in-8° de xx-640 pages, avec 627 figures dans le texte. Relié toile : 12 fr. (Masson et Co, éditeurs, Paris, 1911.)

Ce livre s'adresse à tous ceux qui, sans être techniciens, sont pourtant intéressés à connaître, dans ses grandes lignes, le développement de l'électricité et des principales applications de cette source d'énergie qu'ils emploient constamment. Bien qu'il soit écrit dans l'esprit scientifique le plus sérieux par un spécialiste éminent, ce traité n'en reste pas moins accessible à tous, et le succès qu'il a remporté en Allemagne montre que l'auteur a atteint son but de vulgarisation la plus large. Sans passer sous silence aucune des applications multiples de l'électricité, le Dr Gretz a cependant su éviter une compilation aride; il pousse peut-être un peu loin la crainte de la diffusion en citant presque uniquement des constructeurs et des appareils allemands, mais tel qu'il est cet ouvrage constitue un des meilleurs traités d'électricité élémentaire qui existent actuellement. — L. V. B.

Graissage industriel (Formulaire du) : les lubrifiants, fabrication, raffinage, confection des mélanges, contrôle chimique, applications pratiques, par J. FRITSCH, chimiste. — 1 vol. gr. in-18, broché, 315 pages, 36 figures, 6 fr. (H. Desforges et J. Rousset, éditeurs, Paris, 1910.)

Les lubrifiants d'origine végétale, animale, minérale, leur fabrication et leur raffinage spécial sont étudiés en quelques chapitres. La confection des mélanges, la fabrication des huiles compound et des graisses consistantes sont exposées en détail; ces produits peuvent être aisément contrôlés ou même préparés par les industriels eux-mêmes.

L'auteur a étudié le graissage proprement dit en se basant sur les diverses catégories des machines à lubrifier.

Ce formulaire pratique est complété par une table alphabétique qui facilite les recherches. — C. B.

Mines (Leçons sur l'exploitation des) et en particulier sur l'exploitation des houillères. Tome I par F. HEISE, directeur de l'Ecole des Mines de Bochum, et F. HERBST, professeur à l'Ecole technique supérieure d'Aix-

la-Chapelle, traduit de l'allemand par J. G. BOUSQUET, ingénieur des Arts et Manufactures. — 1 vol. gr. in-8° de 737 pages, avec 583 figures. Relié toile, 25 fr. (Béranger, éditeur, Paris, 1911.)

Les excellentes leçons des savants professeurs allemands traduites en français rendront service aux ingénieurs débutants, car à côté de l'exposé des méthodes ils trouveront l'application pratique, ce que recherchent surtout les hommes de métier. Dans ce premier tome, les leçons portent sur la géologie et les gisements, la prospection et le rendage, l'abatage, les explosifs, le tirage, le havage, les travaux d'aménagement, les méthodes d'exploitation, l'aérage et la ventilation, l'éclairage.

Cet excellent traité pratique constitue un des ouvrages les plus modernes sur l'art des mines. — J. N.

Métallographie microscopique (Introduction à la), de P. GÖRENS, professeur à l'Ecole technique supérieure d'Aix-la-Chapelle, édition française traduite par A. CORVISY, professeur agrégé de sciences physiques, revue et augmentée par F. ROBIN, ingénieur des arts et manufactures. — 1 vol. gr. in-8 de 230 pages, avec 157 figures et 34 planches hors texte renfermant 97 photographies, 10 fr. (Hermann et fils, éditeurs, Paris, 1911.)

L'introduction à la métallographie de Görens a été revue et mise à jour par notre distingué collaborateur F. Robin.

Après un court exposé des propriétés physiques de la matière, se trouve décrite la technique des procédés pratiques actuels de l'étude des métaux : d'une part, l'étude physico-chimique, les méthodes thermiques; d'autre part, l'étude microscopique comprenant les renseignements les plus complets que l'on possède actuellement sur les moyens rapides de polissage, d'attaque et de développement de la structure des métaux. La description détaillée de tous les microscopes en usage et l'étude de la photomicroscopie terminent cette partie. Dans l'étude des alliages qui forme la deuxième partie de l'ouvrage sont exposés : les systèmes d'équilibre des alliages, avec leur classification la plus récente.

Une table complète l'ouvrage et permet de trouver immédiatement ce qui concerne l'étude de chacun des nombreux alliages des métaux deux à deux et trois à trois. Ecrite par un praticien pour des praticiens, cette étude introductive peut rendre de réels services dans l'industrie. — P. B.

La Télégraphie sans fil et la Téléphonie sans fil, par M. R. DE VALBREUZE, ingénieur-électricien, 4^e édition, entièrement remaniée. — 1 vol. in-8° de 480 pages, avec 315 figures, 12 francs. (*Lumière électrique*, Paris, 1910.)

La 1^{re} partie est consacrée à l'étude des oscillations électromagnétiques.

La 2^e partie est relative à la radiotélégraphie.

La 3^e partie est consacrée à la radiotéléphonie. Cet ouvrage, qui ne fait appel qu'aux connaissances élémentaires de la physique, en est à sa 4^e édition; avec les compléments importants qui ont été apportés, il sera certainement encore mieux accueilli. — M. M.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARLTHEUX, imp., 1, rue Cassette.

La Technique Moderne

AÉRODYNAMIQUE

LES BASES SCIENTIFIQUES DE L'AVIATION

La Technique Moderne, soucieuse de mettre ses lecteurs au courant des applications de la science à l'industrie, a déjà publié les principes des méthodes par lesquelles MM. G. Eiffel à Paris, Prandtl à Göttingen, Riabouchinsky à Koutchino, s'efforcent depuis quelques années de fonder l'aérodynamique sur des bases véritablement scientifiques (*). Mais, tout en rendant hommage au savoir et à l'ingéniosité des savants étrangers, nous devons placer notre brillant compatriote au premier rang des véritables fondateurs de l'aérodynamique. Au lieu de se limiter à l'étude de la résistance de l'air sur quelques surfaces ou sur des éléments séparés de l'aéroplane, M. G. Eiffel (**) a étudié l'appareil lui-même, a déterminé les conditions de la sustentation, l'influence pernicieuse des résistances à l'avancement, la répartition des pressions sur le creux de l'aile et des dépressions sur le dos. Créant, en quelque sorte, la science de l'Aviation, le savant ingénieur a su tracer la voie qui va permettre de délaisser les procédés empiriques et d'établir rationnellement un projet d'aéroplane. Nous nous proposons, dans cet article, d'exposer l'ensemble de ces découvertes de M. G. Eiffel, qui sont appelées à réaliser de grands progrès dans la construction des appareils d'aviation.

1. — PLAN ORTHOGONAL.

La résistance de l'air sur un plan normal à la vitesse de translation peut être représentée par la formule :

$$(1) \quad R = KSV^2,$$

dans laquelle S est la surface du plan; V , la vitesse de translation; K , un coefficient fonction de la densité de l'air, de la grandeur et de la forme de la surface S , mais indépendant de la vitesse V dans des limites assez éloignées.

Dans ce qui va suivre, nous envisagerons uniquement les valeurs que prend le coefficient K, lorsque la température est égale à 15° et la pression à 760 mm. de mercure.

Si l'on considère des plaques carrées dont les surfaces varient entre 1/100 de mètre carré et 1 mètre carré, le coefficient K croît toujours à partir de 0,065 et tend vers 0,080 (système d'unités, mètre-kilogramme-seconde).

Quand on passe d'une plaque carrée à une plaque rectangulaire de même surface, le coefficient K va en augmentant. Lorsqu'on fait croître l'allongement (rapport du grand côté du rectangle au petit côté), K va aussi en augmentant; cet accroissement semble

d'autant moins marqué que la surface étudiée est plus grande.

En opérant sur une plaque de 225 centimètres carrés, M. G. Eiffel a trouvé, pour un allongement croissant de 1 à 50, que le coefficient K tendait vers la valeur 0,1.

II. — PLANS INCLINÉS SUR LA TRAJECTOIRE.

Lorsque le plan est incliné d'un angle i sur sa trajectoire, le quotient

$$(2) \quad K_i = \frac{R_i}{SY_i},$$

dépend non seulement de la densité de l'air, de la surface et du contour du plan, mais encore de l'angle d'inclinaison i .

Considérons d'abord le cas d'un *plan carré*. Le diagramme de

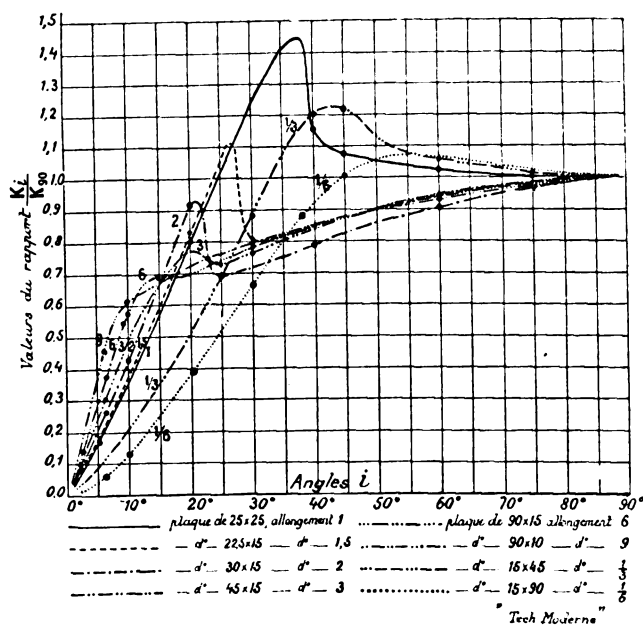


FIG. 1. — Valeurs du rapport $\frac{K_i}{K_{90}}$ pour les rectangles inclinés de différents allongements.

la figure 1, qui représente les expériences de M. G. Eiffel, met en évidence la particularité remarquable suivante :

Après avoir augmenté à peu près linéairement jusqu'à $i = 35^\circ$, la réaction atteint un maximum qui dépasse de près de 45 % la réaction sur la plaque normale au vent; elle décroît ensuite brusquement et, à partir de $i = 50^\circ$, elle diminue lentement et tend vers la valeur relative à la plaque normale pour $i = 90^\circ$.

(1) Voir L. MARCHIS : *La Flotte Aérienne*. « Bibliothèque de La Technique Moderne », fascicule III.

G. Eiffel : Installation d'un laboratoire d'Aérodynamique (*La Technique Moderne*, t. II, n° 5 (mai 1910), p. 263.

(2) G. EIFFEL : *La Résistance de l'Air et l'Aviation* (Paris, 1911).

Cette valeur du maximum de la pression semble paradoxale; aussi M. Eiffel a-t-il institué diverses sortes de vérifications.

Au moyen de l'appareil représenté par la figure 2, il a constaté qu'un système, formé de deux plaques mobiles autour d'un axe

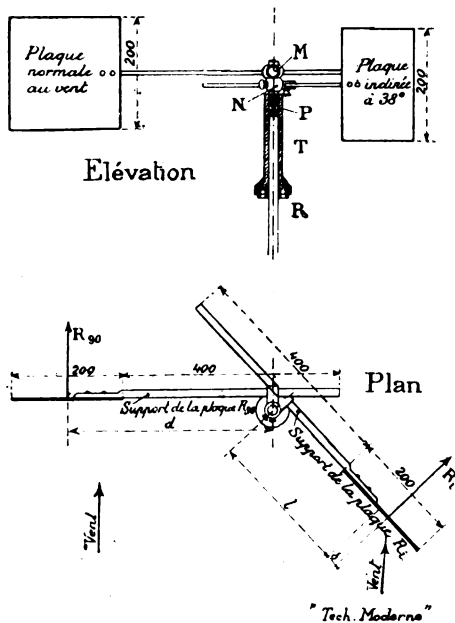


FIG. 2. — Appareil de M. G. Eiffel montrant l'augmentation de pression sur une plaque inclinée ($i = 30^\circ$ à 40°). — M, N, pièces dans lesquelles peuvent coulisser les tiges portant les plaques; P, pivot; R, roulement à billes; T, tube reposant sur l'extrémité de l'arbre à l'aide d'un pivot.

prises entre 30 et 40° , aperçue par Dines, étudiée par M. Eiffel, a été observée par M. Prandtl⁽¹⁾ à Göttingen, comme le montre la figure 3.

Si l'on compare les résultats obtenus par ces deux expérimentateurs (fig. 4), on est conduit aux remarques suivantes.

Les différences d'abord très faibles atteignent au moment du

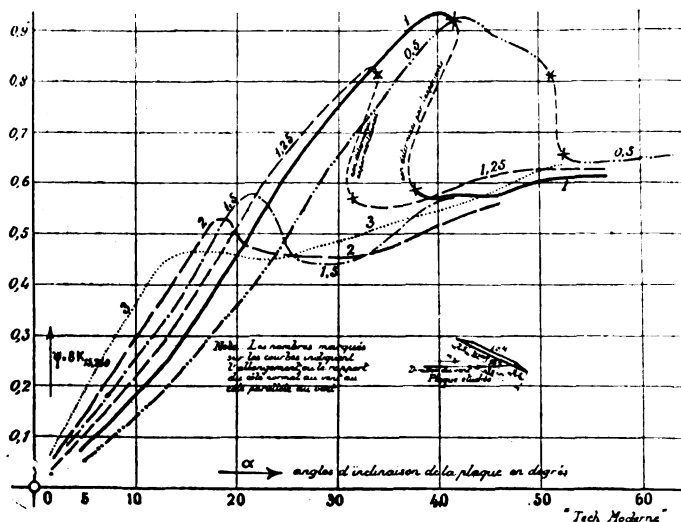


FIG. 3. — Pressions sur des plans inclinés. (Expériences de M. Prandtl.

maximum 20% , la courbe de Prandtl montant plus rapidement que celle d'Eiffel. La courbe d'Eiffel ne donne, pour chaque

(1) O. FÖPPL : Mitteilungen aus der Göttinger Modellversuchsanstalt; der Winddruck auf ebene schräg gestellte Platten von verschiedenem Seitenverhältniss. (Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, 1. 8, 30 avril 1910.)

valeur de l'incidence, qu'une seule pression sur la plaque; la courbe de Prandtl indique, aux environs de 40° , deux déterminations de la pression, suivant qu'on atteint ces angles par des valeurs croissantes ou décroissantes de l'angle d'attaque; pour la valeur de cet angle égale à 40° , le rapport de ces deux déterminations atteint $1,63$.

Or, les expériences de M. Eiffel, plusieurs fois répétées dans cette région si singulière, n'ont jamais conduit, pour un même angle d'attaque, ni à deux états d'équilibre de la balance, ni à deux déterminations du centre de poussée. Il semble donc que les résultats des expériences de Göttingen sont, dans la région considérée, entachés d'inexactitude.

L'allure du phénomène est celle qui résulte des expériences minutieuses de M. Eiffel.

Les courbes de la figure 1 montrent également comment varient les pressions sur les plaques rectangulaires; il faut arriver jusqu'à l'allongement 9 pour voir disparaître la particularité du maximum de pression si évident sur les plaques carrées.

Si d'ailleurs on compare les résultats obtenus par MM. Eiffel et Prandtl à ceux qui résultent des expériences de M. Rateau (fig. 5).

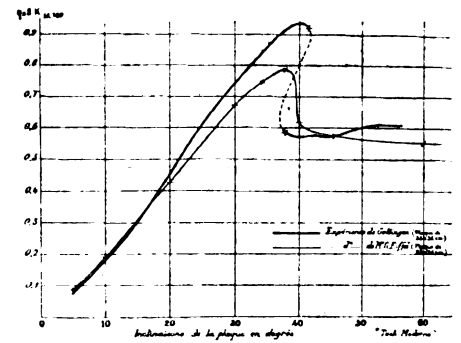


FIG. 4. — Poussées sur des plaques carrées. (Comparaison des résultats de M. Prandtl et de ceux de M. G. Eiffel.)

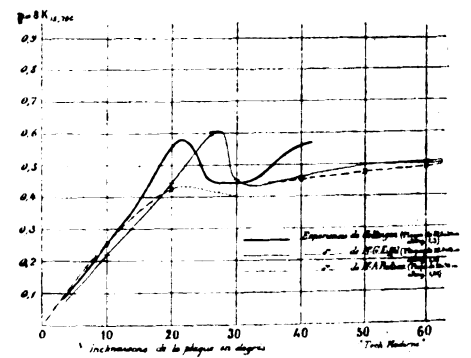


FIG. 5. — Poussées sur des plaques rectangulaires. (Comparaison d'expériences de MM. Prandtl, Eiffel et Rateau.)

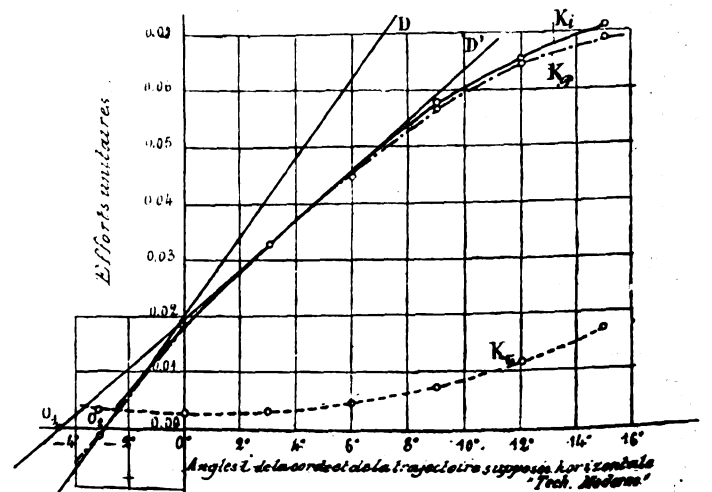


FIG. 6. — Efforts unitaires totaux horizontaux et verticaux sur l'aile Wright. (Expériences de M. G. Eiffel.)

on voit que la discontinuité observée par ce dernier ne se retrouve pas dans les courbes des premiers.

Il ne semble pas que l'on puisse représenter par une seule

équation le faisceau des courbes de la figure 1. Toutefois, pour les angles d'attaque utilisés en aviation (entre 0 et 10°), on peut écrire la relation suivante :

$$3 \quad \frac{K_i}{K_{00}} = \left(3,2 + \frac{n}{2}\right) \frac{i}{100}.$$

n , allongement compris entre 1 et 9;

i , angle d'attaque exprimé en degrés.

Quant au centre de poussée, il se rapproche constamment du bord d'attaque, lorsque l'angle i tend vers zéro.

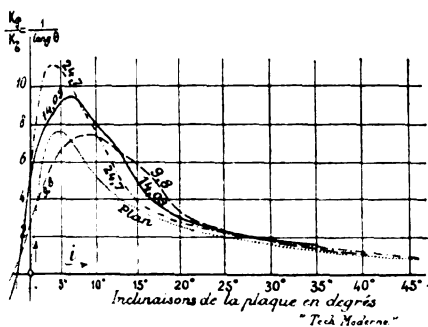


FIG. 7. — Surfaces de même allongement et de courbures différentes. Rapport $\frac{K_p}{K_t} = \cotg \theta$. (Expériences de Göttingen.) [Les nombres inscrits sur les courbes représentent le rapport de la corde à la hauteur maximum de la flèche.]

maximum et celle de la corde. Si on appelle K_p la composante de K , suivant la normale à la trajectoire et K_t la composante de K , suivant la direction opposée à la tangente de cette trajectoire, le diagramme polaire imaginé par M. Eiffel permet de représenter sur une même figure les grandeurs K_p , K_t , K_i , i (angle de la corde avec la trajectoire), θ [angle de la pression totale avec la normale à la trajectoire] (1).

L'étude de ce diagramme conduit au résultat suivant :

Pour les angles de 0 à 10° qui intéressent l'aviation, pour les surfaces d'allongement 6 dont les flèches sont comprises entre 0 et 17, on a les relations

$$\begin{cases} K_p = Mi + N \\ K_t = Ai^2 + Bi + C \end{cases}$$

A, B, C, M, N, étant des constantes.

On peut toujours, par un changement convenable d'axes de coordonnées, mettre le coefficient K_p sous la forme :

$$(5) \quad K_p = M'j,$$

en posant

$$(6) \quad \begin{cases} i = j + i_0 \\ Mi_0 + N = 0. \end{cases}$$

Mais l'angle i_0 n'est pas l'angle de sustentation nulle, comme le montre la figure 6. L'angle i_0 correspond en effet au point O , tandis que l'angle de sustentation nulle correspond au point O_s (2).

Le rapport $\frac{K_p}{K_t} = \tan \theta$ est très important à considérer dans la pratique. Pour une sustentation donnée, il est d'autant plus

(1) L. MARCHIS : Loc. cit., p. 9. — G. EIFFEL : Loc. cit., p. 265. Notations de M. Eiffel, K_x au lieu de K_t ; K_y au lieu de K_p .

(2) La figure 6 montre que, pour l'aile Wright, il y a encore sustentation lorsque le vent attaque le dos de l'aile.

petit que la résistance à l'avancement est plus faible. Pour une

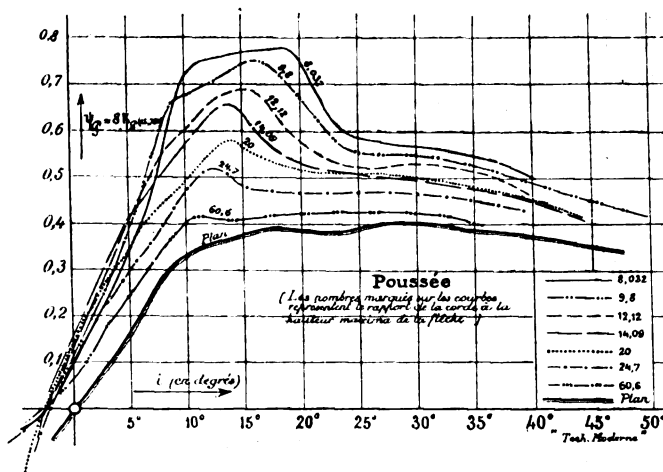


FIG. 9. — Surfaces de même allongement et de courbures différentes. (Expériences de Göttingen.)

charge à faire progresser avec une vitesse donnée, il varie

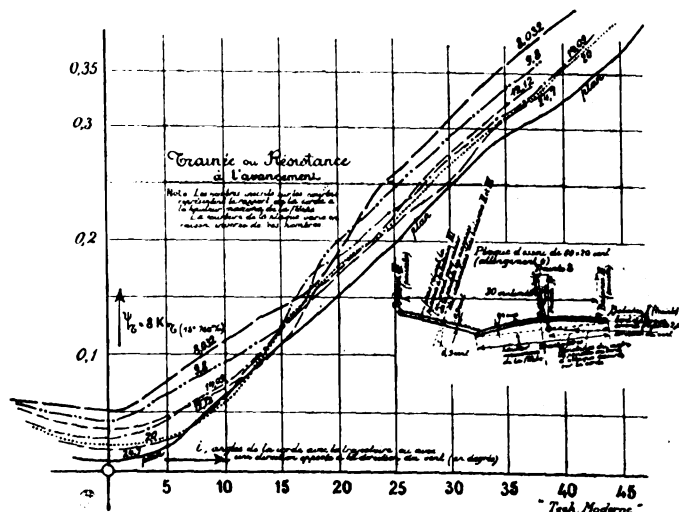


FIG. 10. — Surfaces de même allongement et de courbures différentes. (Expériences de Göttingen.)

comme la dépense de puissance ; d'autre part, quand, pour faire

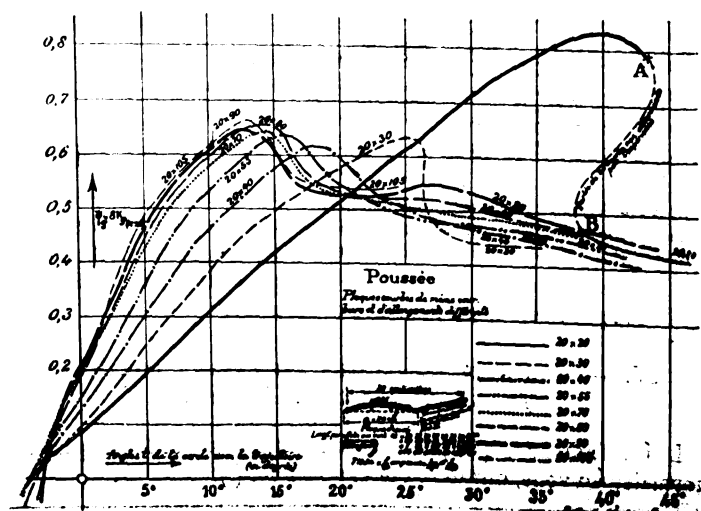


FIG. 11. — Surfaces de même courbure et d'allongements différents. (Expériences de Göttingen.)

avancer une charge donnée, on dispose d'une certaine puissance, il varie en sens inverse de la vitesse communiquée à l'appareil.

Les courbes des figures 7 et 8 représentent les valeurs de l'inverse de ce rapport obtenues à Göttingen, soit pour des surfaces de même allongement et de courbures différentes (fig. 7), soit pour des surfaces de même courbure et d'allongements différents (fig. 8). D'ailleurs, les courbes des figures 9, 10, 11, 12, 13 représentent les valeurs, mesurées au laboratoire de Göttingen, sur ces mêmes surfaces : poussées et traînées sur des

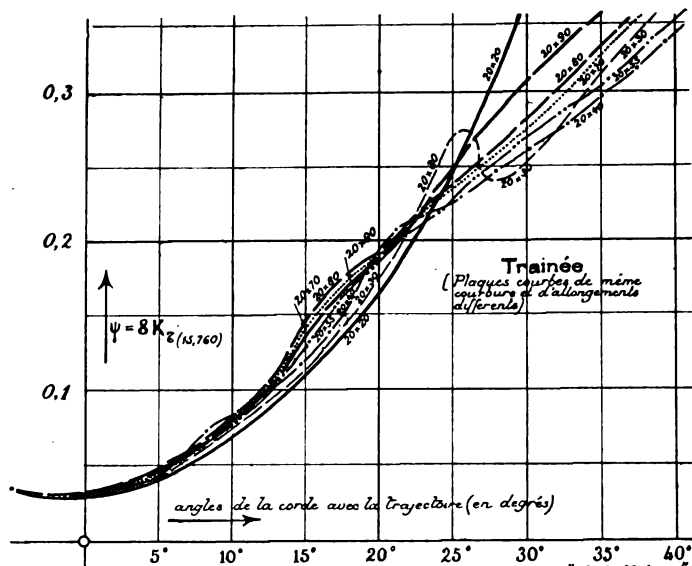


FIG. 12. — Surfaces de même courbure et d'allongements différents. (Expériences de Göttingen.)

surfaces de même allongement et de courbures différentes (fig. 9 et 10) ⁽¹⁾; poussées et traînées sur des surfaces de même courbure et d'allongements différents (fig. 11, 12, 13) ⁽²⁾.

Quant au centre de poussée, lorsque l'angle i diminue de 90° à 15°, il se rapproche du bord d'attaque, pour s'en éloigner lorsque l'angle i atteint les valeurs qui intéressent l'aviation (fig. 14). Lorsque la surface présente au vent sa face convexe au lieu de sa face concave, le centre de poussée se rapproche constamment du bord d'attaque, pour les valeurs de l'angle i diminuant de 90° à 0°.

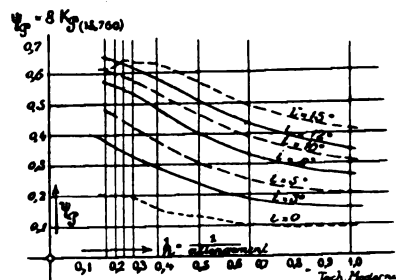


FIG. 13. — Valeurs de ψ_F pour des surfaces de même courbure et d'allongements différents. (Expériences de Göttingen.)

de la plaque; m , n , p , sont des constantes.

IV. — SURFACES PARALLÈLES FAIBLEMENT INCLINÉES SUR LA TRAJECTOIRE. BIPLANS.

Les phénomènes que présentent les surfaces parallèles planes, normales au vent, ont déjà été exposés ici ^(*).

(1) O. FÖPPL: *Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt*, I, (11 juin 1910).

(2) O. FÖPPL: *Ibid.*, I, 15 (13 août 1910).

(3) L. MARCHIS: *La Flotte Aérienne*. « Bibliothèque de La Technique Moderne », fascicule III, p. 8.

Nous insisterons plus particulièrement sur la réduction de sustentation que présente un biplan par rapport à un monoplan de même voilure.

M. G. Eiffel est parvenu aux résultats suivants :

Même lorsque la distance des voilures est supérieure à leur largeur, la poussée sur un biplan est, pour un même angle d'attaque, inférieure à la poussée sur un monoplan constitué par l'une des voilures du biplan.

Considérons un biplan formé par deux voilures identiques

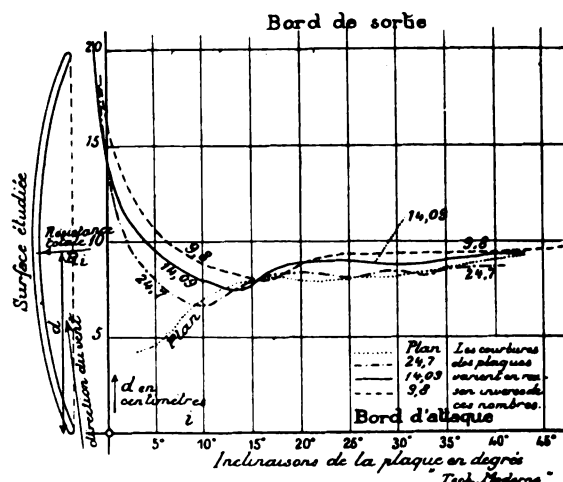


FIG. 14. — Position du centre de poussée. Surfaces de même allongement et de courbures différentes. (Expériences de Göttingen.)

de surface totale égale à $2S$ et un monoplan constitué par une voilure identique aux précédentes et disposée comme elles. On peut représenter les poussées sur les deux appareils par les relations :

$$\begin{cases} P = K_P \times S \times V^2 \\ P' = K'_P \times 2S \times V^2 \end{cases}$$

Si on pose :

$$K'_P = \frac{K_P}{n} \quad n > 1,$$

on peut écrire :

$$P' = K_P \times V^2 \left[2S - 2S \left(1 - \frac{1}{n} \right) \right].$$

Au point de vue de la sustentation, il y a dans le biplan une perte de surface égale à une fraction $\left(1 - \frac{1}{n} \right)$ de la surface totale de cet appareil.

Le facteur de transformation $\frac{1}{n}$ de la pression unitaire est d'autant plus voisin de l'unité que l'écartement des voilures est plus grand. En d'autres termes, la perte de surface totale d'un biplan est d'autant plus petite que les voilures sont plus écartées.

Pour les appareils étudiés par M. Eiffel, lorsque les angles d'inclinaison sont compris entre 6° et 10°, le facteur de transformation $\frac{1}{n}$ passe par un minimum à peu près indépendant de l'angle i ; dans ces conditions, la perte de surface passe donc par un maximum.

Pour un même écartement des voilures, la valeur minimum du facteur $\frac{1}{n}$ est plus grande lorsque les voilures sont courbes que lorsqu'elles sont planes; la perte maximum de surface sustentatrice d'un biplan est moindre, toutes choses égales d'ailleurs, pour les voilures courbes que pour les voilures planes.

(A suivre.)

L. MARCHIS,
Professeur d'aviation à la Faculté
des Sciences de l'Université de Paris.

GÉNIE MARITIME

LA PROPULSION DES NAVIRES DE COMBAT

Alors que les doctrines relatives à l'armement et à la protection des cuirassés actuels sont le résultat d'un accord à peu près unanime entre les officiers chargés de la conduite du tir et ceux chargés de la construction des canons et des coques, il s'en faut de beaucoup que les diverses questions relatives à la propulsion des « Dreadnoughts » et des « Superdreadnoughts » aient été définitivement résolues, tout au moins dans la marine française. Ces questions sont, en effet, nombreuses et complexes, et ne se présentent pas d'une manière aussi claire, aussi précise, et, pourrait-on dire, aussi géométrique, que le choix d'un calibre de canon, d'un projectile ou d'une épaisseur de cuirasse. Leur solution exige un compromis, encore assez pénible à établir à l'heure actuelle, entre les exigences multiples, et souvent contraires, de la tactique navale adoptée, des caractéristiques techniques des appareils de propulsion, des ressources naturelles et industrielles du pays, et même enfin de l'opinion publique, dont on doit se préoccuper de conquérir la confiance, même au prix de sacrifices budgétaires importants. Le public français, que séduisent aisément les raisonnements simplistes, semble avoir résolu de la manière suivante le problème de la propulsion de nos cuirassés actuels : « Les turbines marines du système Parsons sont bonnes, puisque l'Amirauté anglaise et les grandes Compagnies de navigation en munissent exclusivement — ou à peu près — leurs nouveaux navires ; il importe donc que nous fassions comme elles, car de telles autorités n'ont pas dû se décider sans motifs suffisants. Faute par nous d'agir ainsi, nos navires de combat seraient d'un état d'infériorité évidente sur les similaires construits par nos voisins. »

Les constructeurs français, de leur côté, ont dû probablement, lors de la mise en chantier des cuirassés de 18 000 tonnes du type *Voltaire* et *Condorcet*, tenir un raisonnement analogue, car les applications des turbines Parsons dans notre marine étaient à peu près nulles à cette époque : un torpilleur de 84 tonnes (le 293) les représentait en totalité. Or, en matière de construction de machines marines, les informations de seconde main, même les plus sûres, ne valent pas l'expérimentation directe et journalière. À vrai dire, les turbines (*) sont, à ce point de vue, bien différentes des machines à pistons qui les ont précédées ; et leur extrême simplicité en tant que mécanisme permet d'affirmer que leur emploi ou même leur construction par des mécaniciens ou des ingénieurs novices ne peut conduire, au pis aller, qu'à un très petit nombre d'« écoles », tandis que la mise au point définitive des machines alternatives verticales à triple expansion et à marche rapide vient seulement d'être terminée, au moment même peut-être de leur disparition, et après vingt ans d'efforts continus et coordonnés de nombreux constructeurs.

On pouvait être assuré, au contraire, en adoptant comme moteurs de propulsion des turbines Parsons, que l'on parviendrait toujours assez aisément à assurer leur bon fonctionnement dans les circonstances usuelles d'emploi ; mais on était, par ailleurs, assez défavorablement renseigné sur leurs qualités économiques à vitesse réduite et sur leur puissance manœuvrière pour qu'il fût permis d'hésiter avant de les substituer aux machines alternatives actuelles, dont la consommation d'eau à l'allure de 10-14 nœuds est extrêmement faible (*), et qui peuvent fournir indifféremment

leur couple maximum en AV et en AR avec une dépense de vapeur proportionnée à la puissance produite. On peut même dire à cet égard que si notre marine avait adopté d'une manière définitive une tactique, nécessitant des évolutions incessantes et enchevêtrées ou des distances réduites entre deux unités voisines, il eût été assez dangereux de la doter de cuirassés imparfaitement armés sous le rapport de la rapidité d'évolutions. De plus, la réduction considérable de la distance franchissable qui résulte de l'adoption exclusive des turbines sous leurs formes actuelles (réduction qui atteint, pour une vitesse de 14 nœuds, près de 300 % du chiffre qu'ont permis d'atteindre de bonnes machines alternatives) a pour conséquence nécessaire l'abandon des longues croisières et des actions à grande distance, tout au moins tant que notre flotte n'aura pas été dotée de puissants moyens de ravitaillement en combustible loin des côtes de France.

Ainsi, les avantages très réels des turbines comme moteurs de propulsion — avantages que nous détaillerons plus loin — sont achetés au prix de modifications profondes dans la tactique des navires de combat, et rendent nécessaire la constitution de très grands stocks de combustibles, et surtout d'un appareillage puissant pour embarquer rapidement ce combustible dans les soutes, et même, dans certains cas, pour le faire voyager à la suite des escadres.

De telles considérations n'étaient pas de nature à effrayer l'Amirauté anglaise, qui peut se procurer du charbon excellent à des prix sensiblement moitié moins élevés que les prix français, et qui possède déjà, depuis plusieurs années, d'énormes appointements flottants, de plus de 15 000 tonnes de déplacement munis d'un grand nombre de mâts de charge porteurs de *Temperleys*, et organisés en vue de précipiter, en quelques heures, mille tonnes de charbon sur le pont supérieur de quatre cuirassés accostés à leurs flancs, sans qu'il en résulte une fatigue sensible pour les équipages de ces derniers. La marine des Etats-Unis d'Amérique possède, dans le même d'ordre d'idées, non des appointements à peu près fixes, mais de véritables navires charbonniers de haute mer, déplaçant environ 12 000 tonnes capables de suivre les navires à la vitesse de 15 nœuds, armés contre les destroyers et disposés en vue de réapprovisionner rapidement et mécaniquement deux cuirassés accostés de chaque bord. Avec d'aussi puissants moyens de manutention, la consommation en charbon des turbines, quelque élevée qu'elle soit, ne cause pas de sérieuses difficultés. Toutefois, on peut estimer qu'une modification qui permettrait de réduire cette consommation et, par suite, de se passer de tout ce coûteux appareillage, serait extrêmement avantageuse pour la marine française, qui préfère avec raison ne point éparpiller les assez maigres ressources dont elle dispose, et construire avant tout des navires de combat et non des bâtiments accessoires. Nous montrerons tout à l'heure qu'une telle modification existe et peut, dès aujourd'hui, être utilisée avec certitude.

Il n'est pas inutile, après ce qui vient d'être dit des inconvénients tactiques des turbines Parsons, de montrer leurs avantages techniques. Ils résident principalement dans leur grande sécurité de marche, lorsque les précautions convenables ont été prises

tanchéité des garnitures, des pistons et des tiroirs entre 5 kg. 400 et 6 kg. 800, par les machines à triple expansion du dernier type, telles que celles du *Waldeck-Rousseau*.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I (mars 1909), n° 4, p. 127.

(2) Elle est, en effet, comprise suivant les types et le degré d'é-

pour éviter tout contact occasionnel entre les organes fixes et mobiles. Quiconque a pu assister à un essai de puissance maximum d'une machine alternative puissante et rapide, comme sont celles des contre-torpilleurs ou des croiseurs, n'a pu manquer d'être frappé par l'énergie déployée par le personnel mécanicien pour surveiller les nombreuses pièces frottantes et empêcher des « chauffages » ou des grippements, qui peuvent effectivement être causés par des incidents fortuits de très minime importance (par exemple, l'obstruction de l'un des 150 pointeaux de graissage). Et, en fait, ce sont bien de tels incidents qui provoquent la majeure partie des avaries de fonctionnement des machines marines à pistons, quoique, à la vérité, de très grands progrès aient été réalisés, dans ces derniers temps, sous le rapport de l'efficacité du graissage (1), du bon agencement des distributeurs d'huile et de la commodité de la surveillance.

Les turbines ne redoutent aucun accident sérieux ayant le frottement pour cause, car les paliers qui supportent les arbres sont très peu nombreux, supportent des charges unitaires relativement peu élevées, et sont, de plus, lubrifiés par un réseau d'huile sous pression, aisément contrôlable. Bien plus, les chocs qui se produisent assez fréquemment dans les articulations si nombreuses des machines à pistons et qui sont une cause de destruction très sérieuse, leur sont totalement inconnus, les efforts qui agissent sur les aubages étant à peu près rigoureusement constants pour un régime donné. Enfin, l'absence de graissage intérieur, tout au moins pour les moteurs principaux, ralentit la salissure des chaudières et diminue sensiblement le danger des coups de feu causés par les dépôts huileux. Par conséquent, si le personnel chauffeur et soutier doit, à cause de la consommation de vapeur élevée des turbines, fournir, en moyenne, un travail plus soutenu, le personnel mécanicien, au contraire, voit le nombre de ses soucis notablement réduit, aussi bien pendant la marche que lors des travaux d'entretien.

Les accidents qui se sont produits lors des premières marches de certaines turbines Parsons étaient dus, pour la plupart, à des jeux insuffisants entre les rotors et les stators. Il est clair que, pour diminuer la perte aux joints, qui atteint couramment 6 et même 8 % du flux total de vapeur, le constructeur cherche à réduire au minimum les jeux radiaux aux extrémités des aubages, et entre les garnitures des dummies (2). La limite admissible résulte de la déformabilité élastique des pièces exposées à venir au contact, sous l'action combinée de la pression, de la chaleur et même parfois des réactions d'appui des semelles à glissement supportant les stators. Les turbines les plus exposées aux accidents résultant de jeux insuffisants sont, en général, les turbines de croisière, dont l'ailettage a des dimensions radiales relativement très réduites, et où les pressions et les températures régnantes sont très élevées. Les turbines de marche AR contenues dans les enveloppes BP sont aussi parfois victimes de contacts accidentels causés par une mise en route non précédée d'un réchauffage — circonstance qui peut altérer profondément la forme de la section méridienne du stator dans le voisinage de l'arrivée de vapeur. Mais tous ces ennuis peuvent être évités après une ou deux expériences directes, en sacrifiant quelque peu l'économie de vapeur.

Il importe d'ailleurs de faire remarquer que les turbines futures seront beaucoup moins exposées que les types actuels aux

contacts fortuits, car leurs éléments HP et MP seront très vraisemblablement toujours constitués par des aubages d'action pure, à 1, 2 ou 3 chutes de vitesse, c'est-à-dire permettant d'employer des jeux aussi considérables qu'on le désire sans altérer sensiblement l'économie de l'appareil (1). Par ailleurs, les jeux radiaux considérables que permettent les grandes dimensions des ailettes BP (dont la hauteur dépasse parfois 300 mm.) permettent de conserver pour elles la disposition à tambour qui a l'avantage d'être beaucoup moins pesante que l'ensemble des disques et les diaphragmes équivalents, quel que soit d'ailleurs le mode de travail adopté pour la vapeur (action pure ou réaction).

Il est donc permis d'affirmer que, dans un avenir prochain, les turbines marines seront tout à fait exemptes des quelques défauts de fonctionnement observés lors de la mise en route des premières d'entre elles. Par contre, il semble impossible de réduire sensiblement la consommation de vapeur aux vitesses de croisière, sous peine de doubler ou même de tripler le poids et l'encombrement des appareils moteurs ; car pour y parvenir, il est de toute nécessité d'accroître le nombre des chutes de chaleur partielles, c'est-à-dire le nombre des couronnes d'ailettes constituant un étage de pression, au fur et à mesure de la diminution de la vitesse circonférentielle. Cet accroissement est d'ailleurs beaucoup plus rapide que ne l'indiquerait la simple proportionnalité, car c'est la quantité $\Sigma(nu^3)$ (2) qui caractérise la grandeur de la chute de chaleur totale que peut utiliser, avec un rendement indiqué donné, un ailettage déterminé.

Faut-il donc admettre, comme un mal nécessaire, que les appareils moteurs de nos futurs cuirassés achèteront leur simplicité de formes et leur facilité de conduite au prix d'une réduction exagérée de la distance franchissable ? Faut-il chercher à améliorer leur situation sous ce dernier rapport au prix d'un outillage considérable de ravitaillement, ou bien au contraire, en transigeant quelque peu sur l'exclusion des pistons à leurs bords et en les faisant bénéficier des avantages combinés des machines alternatives et des turbines ?

C'est cette deuxième solution que nous croyons être la plus avantageuse pour notre marine, dans l'état actuel de nos budgets et de nos ressources naturelles et industrielles, et nous allons chercher, dans ce qui suit, à mettre en lumière ses multiples avantages.

Tout d'abord, il importe d'affirmer que, dans leur état actuel, les machines alternatives dont furent munis certains des derniers bâtiments de guerre, sont d'une sécurité d'emploi presque aussi grande que les turbines, grâce à l'appropriation parfaite des nombreux organes qui les constituent à leur rôle particulier, grâce aussi aux très grands progrès réalisés dans l'installation du graissage des pièces frottantes et dans la précision de l'usinage de ces mêmes pièces. Alors qu'autrefois il était d'usage de tolérer, dans l'exécution des tourillons, des différences de cylindricité ou de parallélisme de l'ordre de grandeur des jeux adoptés, on parvient aujourd'hui à les réduire, sans trop de

(1) Il suffira de dire, pour prouver cette assertion, que sur les huit derniers bâtiments livrés par l'établissement national d'Indret, et munis de machines à piston qui furent très poussées, aucun incident de fonctionnement n'est survenu au cours des 102 essais auxquels ils ont été soumis.

(2) Les « dummies » sont les pistons d'équilibrage disposés aux extrémités des rotors des turbines à tambour. Leur étanchéité approximative est réalisée par des joints à labyrinthes ou même par des joints lisses à très faible intervalle.

(1) Les turbines marines construites récemment par la maison John Brown pour le navire *Bristol*, de l'Amirauté britannique, comportent ainsi sept disques Curtis représentant un total de 24 couronnes d'aubages mobiles, suivis d'un tambour Parsons à réaction comportant également 22 étages différents. Les turbines construites par la maison française de La Brosse et Fouché pour les contre-torpilleurs *Fourche* et *Faulx*, sur les plans de M. le professeur Rateau, sont également composées de disques d'action à deux étages de vitesse suivis d'un tambour BP.

(2) Σnu^3 désigne la somme des quantités telles que nu^3 , u étant la vitesse circonférentielle commune à un certain nombre n d'étages de même diamètre. Les turbines de croisière, mises en série pour les marches lentes avec les turbines principales, ne sont pas assez développées pour donner à Σnu^3 une valeur égale à celle qui conviendrait pour conserver le rendement correspondant.

frais, au dixième de ces mêmes jeux, restés à peu près constants. Il résulte de cet accroissement considérable de la précision que la répartition des pressions entre le coussinet et sa portée se rapproche de l'uniformité avant même que le rodage par la marche n'ait été entrepris, et que les échauffements et les grippements systématiques, jadis si fréquents, sont devenus à peu près inconnus, tout au moins dans les machines que la marine construit elle-même à ses usines d'Indret, avec un soin comparable à celui que l'on apporte dans l'ajustage des pièces d'artillerie.

Par ailleurs, l'étude détaillée des déformations élastiques des divers organes employés à la transmission de l'effet moteur a permis de proportionner leur raideur au degré de précision obtenu, c'est-à-dire de réduire souvent dans des proportions considérables les inégalités de pression et partant d'usure qui se manifestaient fréquemment dans les anciennes machines trop souvent mal proportionnées (1). En fait, on observe aujourd'hui que les portages des diverses articulations sont à très peu près établis et uniformisés dès les premiers tours effectués, tandis qu'il y a encore quelques années, les zones en contact des pièces flottantes n'atteignaient pas le 1/3 des surfaces totales après six mois d'essais (2).

Enfin, comme nous l'avons déjà dit, la sécurité du graissage a été accrue dans des proportions considérables, d'abord par l'emploi de graisseurs centrifuges pour les têtes de bielle et les chariots d'excentrique, puis par les perfectionnements apportés aux lècheurs servant à transporter l'huile sur les pièces en mouvement alternatif, puis encore par l'emploi d'appareils automatiques pour distribuer l'huile en quantité convenable et proportionnée à l'allure aux différents départs (Appareil Caloin). Pratiquement, le résultat obtenu par cette série d'améliorations apportées à ces machines marines alternatives, peut être apprécié par l'historique des essais de nos derniers bâtiments de combat (croiseurs type *Michelet* et cuirassés type *Patrie*), qui ont tous réussi, du premier coup, sans aucun incident, la marche de dix heures à la puissance maximum prévue par les nouveaux règlements et qui, depuis leur mise en escadre, n'ont cessé de faire face à un service souvent très dur, sans jamais entrer en avaries. Il est même probable que le *Waldeck-Rousseau* (le dernier de nos grands bâtiments munis de machines à pistons) surpassera encore, sous le rapport du bon fonctionnement, tous ses devanciers, puisqu'il doit fournir aussi longtemps qu'on le désirera, la puissance considérable de 42 000 chevaux, suffisante pour lui imprimer une vitesse de 25 nœuds.

En définitive, nous le répétons, la sécurité d'emploi des machines alternatives est, dans leur état actuel, comparable à celle des turbines, sans leur être tout à fait égale cependant. Un compromis par lequel on réunirait, dans des proportions convenables, des pistons et des aubages de turbines, offrirait donc le maximum absolu d'avantages, à condition de faire entrer simultanément en ligne de compte — comme cela doit être — les diverses qualités que l'on est en droit d'exiger d'un appareil moteur marin. Une telle combinaison ne serait d'ailleurs pas nouvelle, car, par la force même des choses, les constructeurs de paquebots ont déjà été conduits à la réaliser, notamment pour l'*Olympic*, de la *White-Star*, qui est mû par trois lignes d'ailerons, les deux latérales étant commandées par des machines à pistons, à triple expansion, et l'hélice centrale recevant son mouvement d'une vaste turbine BP collectant les vapeurs des deux machines

sus-nommées. Le *Rochambeau*, de la Compagnie générale transatlantique, possède également des appareils propulseurs mixtes.

M. le professeur Rateau a, depuis plusieurs années, réalisé de nombreuses installations industrielles dans lesquelles la vapeur d'échappement d'une machine à piston achève sa détente dans une turbine BP., en passant à travers un accumulateur lorsque l'irrégularité du débit l'exige. Il a magistralement expliqué, dans une communication faite à l'Association des Ingénieurs des mines de Belgique, les avantages économiques d'un tel accouplement — le seul qui permette de détendre la vapeur d'eau de 50 à 80 fois son volume initial, avec un rendement thermique et mécanique à peu près constant dans les divers stages d'expansion — les pistons recueillant bien l'énergie de la vapeur aux pressions élevées, c'est-à-dire pour les faibles détenteurs (de 8 à 16) (1), et les turbines étant sans rivales pour les faibles pressions et les énormes volumes spécifiques qui accompagnent les grandes détenteurs mentionnées plus haut. Dans les machines marines à triple expansion du type usuel, les cylindres HP. et MP. ont un rendement moyen de 0,70 à partir du cycle de Rankine, tandis que les cylindres BP. atteignent seulement 0,45 à 0,50, à cause de la valeur élevée de la perte au condenseur, due à l'impossibilité de pousser la détente au-dessus de 8 à 16 fois le volume initial. Cette impossibilité résulte d'abord des difficultés d'encombrement insurmontables qu'entraînerait la construction de cylindres de 6 mètres de diamètre pour 1 mètre de course, et aussi des conditions mécaniques déplorablement de leur fonctionnement, dues à l'exagération de l'action des parois et du frottement des pistons (2). Les turbines marines BP., au contraire, permettent d'utiliser la vapeur entre les pressions de 1 km. 500 à 0 km. 100 avec un rendement de 0,68 à 0,70, pour des vitesses circonférentielles de 45 à 60 mètres seulement, et dans un volume d'encombrement très admissible, qui, pour un cuirassé de combat de 28 000 chevaux à quatre lignes d'arbres, n'excéderait pas, au total, celui des machines alternatives de même puissance.

Il est donc tout indiqué de constituer de la manière suivante l'appareil moteur d'un tel navire :

1° Deux machines à pistons compound, de 7 000 chevaux environ chacune, admettant la vapeur venant des chaudières à une pression de 16 à 18 kg. et la détendant jusqu'à 1 kg. 800 environ; elles actionneraient chacune une ligne d'arbres du côté extérieur, afin d'utiliser au maximum, pour les évolutions, leurs facultés manœuvrières;

2° Deux turbines BP., conjuguées chacune à la machine à pistons du même bord et tenant ainsi la place des cylindres BP. absents.

Les deux ensembles (1 machine + 1 turbine) seraient ainsi complètement indépendants, et contrôlés d'ailleurs chacun par un appareil de manœuvre unique, dont il est facile de concevoir le principe.

Une telle combinaison — sur laquelle nous comptons donner ultérieurement des détails complémentaires — permet non seulement de réaliser des consommations horaires d'eau et de charbon comparables à celles des meilleures machines à pistons actuelles, mais encore d'accroître de 10 à 15 % leur économie comptée en puissance propulsive, l'augmentation de rendement à partir du cycle de Rankine étant de beaucoup supérieure à la

1. Nous citerons, comme exemple d'organes pour lesquels l'étude en question a conduit à des modifications de forme importantes : les arbres-manivelle, les pieds des bielles à fourche, les colliers d'excentriques, etc.

2. Il est juste de dire à ce propos que la rapidité d'établissement des portages est grandement aidée par l'auto-ajustabilité des métaux de frottement employés aujourd'hui (métal Synovia, par exemple).

(1) Il s'agit ici de détenteurs fictives. Les détenteurs réelles, c'est-à-dire calculées en tenant compte du laminage à l'admission, sont, en réalité, plus considérables et sont, pour les vitesses de piston et les sections de passage actuelles, comprises entre 15 et 25.

(2) De tels cylindres seraient, par surcroît, très instables de forme, et leurs pistons devraient être munis de tiges multiples pour éviter les flexions dues aux coups d'eau : c'est dire que leur réalisation entraînerait des essais prolongés.

diminution d'utilisation des propulseurs centraux (à vitesse périphérique élevée), par rapport à celle des propulseurs à faible vitesse périphérique que permettent d'employer les machines alternatives.

Cet excellent emploi de la vapeur par des ensembles moteurs mixtes permettrait de conserver à nos navires de combat leurs distances franchissables anciennes, tout en réduisant de plus de 10 % l'approvisionnement en combustible (*), le poids et l'encombrement des chaudières. De tels avantages nous semblent hors de proportion avec les très légers inconvénients résultant de l'emploi des machines alternatives, et que nous avons indiqués plus haut. Il ne faudrait pas croire, par ailleurs, que la coexistence de machines motrices de types différents complique le service journalier ou accroisse le nombre des pièces de rechange à prévoir pour un bâtiment déterminé.

Mais on ne saurait trop répéter que l'avantage fondamental de l'installation que nous préconisons est de réduire la dépense de combustible dans des proportions considérables par rapport aux turbines, c'est-à-dire, en d'autres termes, de réduire les risques nombreux résultant de la fatigue des chauffeurs et des soutiers. Nous n'avons parlé, dans ce qui précède, que des difficultés de réapprovisionnement causées par une dépense exagérément rapide du combustible; mais il ne faut pas oublier — et c'est ici le lieu de le rappeler — que, même en admettant ces difficultés complètement résolues à l'aide d'un matériel approprié, la vitesse du navire est toujours à la merci de l'endurance de ses chauffeurs, et cela d'autant plus qu'on leur demande un effort plus intense et surtout plus soutenu. Cela est tellement reconnu par les autorités maritimes des diverses nations que l'on s'efforce aujourd'hui de supprimer les chauffeurs, soit en utilisant des combustibles liquides — malheureusement fort coûteux lorsqu'on les brûle dans des chaudières — soit même en supprimant complètement les chaudières et en brûlant directement le combustible dans les cylindres de moteurs à explosion du type Diesel ou d'un système dérivé. Lorsque l'on poussait des tentatives de cette dernière nature (*), on admettait implicitement que

la suppression des chauffeurs est un avantage capable de compenser, et au delà, les incertitudes de fonctionnement, encore nombreuses aujourd'hui, des moteurs à combustion, qui héritent de tous les inconvénients mécaniques des machines à vapeur à pistons et s'en adjoignent même quelques autres, fort importants, par surcroît. Par conséquent, toute installation qui parvient à réduire le rôle des chauffeurs, sans toutefois introduire à bord des navires de combat des engins encore incomplètement connus, nous paraît devoir mériter l'approbation de toutes les personnes sensées, et qui savent combien il importe de n'admettre, dans des engins militaires, que des organes parfaitement sûrs, c'est-à-dire employés depuis longtemps déjà, et sur lesquels la documentation expérimentale est suffisamment étendue.

Comme nous l'avons déjà dit au début de cette courte étude, le difficile, en cette question, est d'apprécier exactement les divers arguments favorables ou contraires à notre thèse, car les avantages et les inconvénients du système proposé ne sont pas tous représentables par des chiffres, ni même susceptibles d'une comparaison directe. Certains mêmes ne peuvent être complètement connus de personnes n'ayant pas une connaissance pratique suffisante du service des chaudières et des machines à bord des bâtiments de combat, c'est-à-dire n'ayant pas assisté fréquemment à des marches prolongées à forte puissance, au cours desquelles se pose toujours la triple question de l'endurance du personnel chauffeur et soutier, de l'approvisionnement du parquet de chauffe en combustible, et de la surveillance de l'appareil moteur.

Quoi qu'il en soit, nous croyons avoir suffisamment montré, dans ce qui précède, l'économie générale et les avantages de moteurs mixtes composés de machines à pistons et de turbines. Nous comptons exposer, dans une étude ultérieure, les conditions particulières de cette combinaison et la comparer avec l'emploi de moteurs Diesel à deux temps, dans leur état actuel.

M. D.,

Ingénieur de la Marine.

TRAVAUX PUBLICS

CONSTRUCTION D'UN PONT FLOTTANT SUR LA CORNE D'OR A CONSTANTINOPLE

[PLANCHE I]

GÉNÉRALITÉS. — La construction de ce pont a été décidée par un premier contrat en date du 5/18 février 1907 passé entre le Ministre de la Marine et la Société « Maschinenfabrik Augsburg Nürnberg A. G. ».

Aux termes de ce contrat, la largeur du pont devait être de 20 mètres entre garde-corps et le coût total 200 000 livres turques (environ 4 500 000 fr.).

Le délai d'exécution était de vingt mois à partir de l'approba-

tion des plans, lesquels devaient être présentés quatre mois au plus tard après la signature du contrat et approuvés trois mois au plus tard après leur présentation.

Les événements politiques ayant retardé l'approbation des plans, une convention additionnelle fut signée le 1/14 octobre 1909 par le Ministre des Travaux publics et l'entrepreneur. La largeur du pont était portée à 25 mètres, la dépense totale s'élevait à 237 000 livres turques (environ 5 500 000 fr.) et le délai d'exécution restait, comme précédemment, de vingt mois à dater de l'approbation des plans.

La dépense était autorisée par le Parlement (séance du 18/31 août 1909) et la ville l'inscrivait en tête de la liste des travaux à exécuter sur les fonds de l'emprunt gagé par les produits du péage du pont actuel.

Les travaux du nouveau pont sont en cours d'exécution; un chantier important a été établi au quartier d'Halidj-Oglou, sur la

(1) Une telle économie de poids correspond, pour un cuirassé de 20 000 tonnes, de 25 000 chevaux et portant 1 800 tonnes de charbon, à environ 260 tonnes, soit près de 800 tonnes sur le déplacement.

(2) Ainsi que nous l'indiquerons ultérieurement, l'emploi des chaudières à pétrole sur les destroyers est aujourd'hui complètement entré dans le domaine pratique. Au contraire, l'utilisation des moteurs à combustion intense n'est pas encore sortie de la période des essais.

Corne d'Or, où l'on construit les pontons et la superstructure métallique; on vient de commencer également les fondations à l'air comprimé de la culée côté Stamboul.

EMPLACEMENT. — Le pont sera reconstruit sur l'emplacement du pont actuel; il reliera les places de Karakeui (Galata) et d'Emin Eunu (Stamboul), et il servira en même temps d'accès aux débarcadères des bateaux à vapeur du service local fréquentant la mer de Marmara, le Bosphore et la Corne d'Or : sa longueur totale sera de 468 mètres environ.

Le pont séparera, comme aujourd'hui, le port de commerce proprement dit, ou port extérieur, du port intérieur spécialement affecté soit aux navires de la marine militaire, soit aux bateaux de faible tonnage (mahonnes); à cet effet, on a prévu, vers le milieu, une partie mobile de 62^m,60 de longueur qui se rabattra vers la Corne d'Or, côté Galata, pour livrer passage aux grands bateaux se rendant d'un port à l'autre; cette manœuvre se fera exclusivement pendant la nuit aux heures de faible circulation; quand elle sera fermée, la partie mobile présentera deux passages de 12 mètres de largeur sur une hauteur libre de 4^m,50 à 5^m,30 pour l'entrée et la sortie des mahonnes.

PROFIL EN LONG. — Le profil en long est symétrique; sur la partie mobile et sur 40 mètres environ, côté Galata, le tablier sera horizontal et élèvera à une hauteur de 6^m,80 au-dessus de la mer pour descendre à +2^m,30 au droit des culées; le pont reposant sur les pontons au moyen d'articulations, on a donné au profil en long la forme d'un polygone inscrit dans une parabole.

La déclivité maximum se trouvera aux abords des culées; elle sera, en général, inférieure à 4‰, sauf dans les cas de surélévation exceptionnelle de la mer produite par les vents du sud, où elle pourra atteindre 4,50 ‰.

DISPOSITION DU PONT. — Au point de vue théorique, le pont se compose de douze éléments articulés entre eux ou fixés aux culées et reposant, par l'intermédiaire des pièces de pont et consoles, sur les pontons flottants.

Un calcul facile permet de déterminer les efforts maxima auxquels les différentes pièces seront soumises soit par l'application des surcharges réglementaires (500 kg. par m²), soit par un changement du niveau de la mer.

On a prévu entre la partie mobile et la partie fixe, côté Galata, un joint de dilatation de 0^m,40.

CULÉES. — En raison de la nature vaseuse du terrain de fondation (vase pure sur une profondeur de plus de 70 mètres, ayant donné lieu à des tassements énormes lors de la construction des quais), on a disposé les culées de manière que la pression sur le sous-sol soit la plus faible possible. Dans ce but, on a réduit au minimum la longueur des travées extrêmes et le poids des culées : celles-ci consistent en des caissons vides en béton armé que l'on fonce à l'air comprimé, parce que ce procédé permet seul d'arriver à la profondeur voulue sans détruire l'état d'équilibre instable du terrain et sans être arrêté par les obstacles variés, tels que débris d'anciennes murailles, pieux, etc.

Dès que le couteau sera parvenu à la profondeur voulue, on construira sur le sol une plate-forme en béton armé qui s'appuiera sur les bords du caisson et on remplira d'eau la caisse ainsi construite; au-dessus s'élèveront des murettes de soutènement et le support du tablier qui sera renforcé par des poutres à âme pleine régnant sur toute la largeur de la culée; pour empêcher un déversement de la culée vers la Corne d'Or, on a prévu des ancrages horizontaux pénétrant dans le terrain.

La confection des culées doit être entreprise sans interrompre la circulation, soit par l'établissement d'une rampe d'accès provisoire, soit en exécutant successivement chacun des deux massifs constitutifs de la culée.

Notons que le tablier repose sur les culées de telle manière qu'il ne peut se déplacer ni dans le sens vertical, ni dans le sens longitudinal, ni dans le sens latéral; il est seulement libre de changer d'inclinaison selon l'application des charges et les variations du niveau de la mer; il peut aussi tourner légèrement autour d'un pivot vertical encastré dans le support de la culée, rotation qui se produira lorsque, par l'effet d'un vent violent, les pontons tireront sur les chaînes de leurs ancres d'amarrage.

CHAUSSÉE, TROTTOIRS ET GARDE-CORPS. — La chaussée aura 14 mètres de largeur et chacun des trottoirs 5^m,50.

La chaussée sera pavée en granit de 0^m,10 de hauteur reposant par l'intermédiaire d'une couche de sable sur une aire en béton appliquée sur des fers zorés de 0^m,24 de largeur, 0^m,12 de hauteur et 0^m,31 d'écartement d'axe en axe.

Les trottoirs seront couverts d'asphalte reposant sur une aire en béton appliquée également sur des fers zorés de plus faible dimension.

Les garde-corps et les candélabres seront en fonte. Des dispositions spéciales sont prévues à la jonction des divers éléments soit entre eux, soit avec les culées, afin de permettre, sans dégradation de la chaussée et des trottoirs, les mouvements provenant des surcharges et des variations de température ou du niveau de l'eau.

Deux voies de tramway à 1 mètre d'écartement ont été prévues avec une entrevoie de 1^m,25 dans l'axe du pont : les rails pèseront 49 kg. le mètre courant.

TABLIER. — Les fers zorés de la chaussée et des trottoirs reposent sur 15 longerons régnant sur toute la longueur du pont et dont la portée normale est de 7^m,34, écartement des pièces de pont. Cet écartement est nécessaire pour obtenir des salles d'attente spacieuses au-dessous du tablier.

Les pièces de pont sont généralement en treillis, sauf aux abords des culées où la hauteur fait défaut et où elles sont à âme pleine.

Elles reposent sur les pontons au moyen de quatre consoles; les deux consoles extérieures sont en retrait de 1^m,76 par rapport au garde-corps, porte-à-faux qui contribue à la décoration de l'ouvrage; il convient de noter que ces consoles tombent sur des cloisons étanches des pontons très rigides.

PONTONS. — Il y aura cinq types de pontons :

A) Pontons principaux longitudinaux, sous le pont proprement dit; ils seront disposés en deux rangées longitudinales, de manière que leurs bords intérieurs laissent un espace libre dépassant légèrement la largeur d'un ponton (pour permettre l'introduction d'un ponton de rechange); les rangées présenteront entre elles des vides de 2 mètres pour laisser passer l'eau et les immondices. Les dimensions de ces pontons seront de 38^m,70 de longueur sur 8^m,20 de largeur et 2^m,70 de hauteur; ils seront au nombre de 20, dont 2 de rechange.

B) Pontons transversaux aux extrémités du pont où il n'existe pas la hauteur nécessaire à la disposition habituelle des pièces de pont. Ces pontons auront 25 mètres de longueur, 6 mètres de largeur et 2^m,50 de hauteur; ils seront au nombre de 4.

C) Pontons transversaux sous la partie mobile. Ils auront 25 mètres de longueur, 9 mètres de largeur et 3^m,60 de hauteur; ils seront au nombre de 5, dont un de rechange.

D) Pontons pour débarcadère : ils auront 38^m,70 de longueur (comme ceux du type A), 6 mètres de largeur et 2 mètres de hauteur; ils seront au nombre de 11, dont un de rechange.

E) Caissons d'accostage : ce sont de petits pontons de 15 mètres de longueur, 4 mètres de largeur et 2 mètres de hauteur destinés à l'accostage des bateaux des services du Bosphore, de la mer de Marmara et de la Corne d'Or; ils seront au nombre de 9, dont un de rechange.

**

Au total, cela représente 49 pontons, dont 5 de rechange.

Les joints des caissons sont soigneusement calfatés et le ciel des pontons D et E est recouvert d'une couche d'asphalte de 0^m,03.

Les épaisseurs des tôles sont respectivement de 0^m,009 et 0^m,008.

Les pontons du type A sont réunis deux à deux par des contre-ventements horizontaux dans leurs panneaux extrêmes : dans le sens longitudinal, ils sont assemblés par des articulations logées dans des chevalets établis aux extrémités : les caissons d'accostage et les caissons pour débarcadères sont solidement fixés aux pontons principaux.

Tous les pontons sont munis de défenses en bois et de bittes d'amarrage pour faciliter l'accostage des bateaux.

DÉBARCADÈRE SALLES D'ATTENTE. — L'accès aux bateaux, côté Bosphore, peut avoir lieu, soit du haut du pont au moyen d'escaliers, soit directement par les culées. Les pontons-débarcadère sont situés à 0^m,60 des pontons principaux et les consoles de la superstructure du pont étant placées à 1^m,70 en arrière, on aura une largeur disponible de $6^m,00 + 0^m,60 + 1^m,70 = 8^m,30$ formant quai devant les salles d'attente et les guichets. Cette largeur sera évidemment réduite à moins de 6 mètres devant les escaliers d'accès.

Pour avoir le plus de hauteur possible dans les salles d'attente, on a prévu simplement une toiture spéciale en tôle de zinc, le plancher du pont formant toiture générale.

La surface de chacun de ces locaux sera de 6 mètres sur 3^m,50.

PARTIE MOBILE. — La partie mobile se rabattra d'une seule pièce autour d'un pivot encasté à la partie fixe, côté Galata : il y aura dans le tablier un joint rectiligne près du pivot et un joint en courbe du côté opposé : ce dernier sera tracé avec un rayon légèrement plus grand qu'il n'est nécessaire, afin de faciliter l'ouverture et la fermeture du pont.

Le pivot forme une articulation universelle, c'est-à-dire que la partie mobile peut tourner autour d'un axe vertical et exécuter en outre de légers mouvements de bas en haut ainsi que dans le sens transversal : le joint rectiligne présentera une largeur variable avec la température.

Le mouvement de la partie mobile s'effectuera au moyen d'un bateau à 4 hélices fixé au bord du ponton extrême et actionné par un moteur à benzine.

Lorsque le pont sera fermé, la partie mobile sera fixée dans sa position par un appareil de calage qui l'amènera à la hauteur voulue ; ensuite, les deux extrémités seront verrouillées avec les parties fixes : le joint en courbe sera réduit au minimum par un autre appareil qui poussera la partie mobile vers la partie fixe de Stamboul.

Pour ouvrir le pont, on actionnera l'appareil de calage, on retirera les verrous, on dégagera le calage, on attirera la partie mobile vers Galata, afin d'ouvrir le joint en courbe et l'on mettra en mouvement le moteur du bateau : ceci dans le cas où la mer serait très agitée ; dans le cas contraire, la manœuvre unique du verrouillage suffira.

A. AURIC,

*Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées,
Ingénieur en chef de la ville de Constantinople.*

TRAVAUX MARITIMES

LE DÉVELOPPEMENT DE LA CONSTRUCTION DES PONTS A TRANSBORDEUR POUR LA TRAVERSÉE DES PASSES MARITIMES ⁽¹⁾

(Suite et fin.)

Nous avons été amené à résoudre, pour l'étude des projets d'exécution des deux grands ponts cités plus haut, ce problème dans toute sa généralité ; nous allons décrire la solution et en donner une application.

Un pont suspendu du type élémentaire a ses câbles paraboliques qui décrivent une parabole, p (fig. 20) ; en temps normal le tablier étant à vide, on surcharge ce tablier d'un poids π par mètre courant de m en m' , et on se propose de déterminer complètement les arcs décrits par les câbles après leur déformation et la tension maximum maximum qu'ils supportent.

On remarquera que, dans les portions du tablier portées par les câbles obliques ou haubans de rigidité (fig. 20), on se trouve en présence d'un système triangulé indéformable dans la limite de l'élasticité de la matière, si ces câbles sont toujours en tension.

En conséquence, on peut considérer les points α , α' des câbles paraboliques (situés sur les verticales des points d'attache sur le tablier des câbles obliques les plus inclinés), d'une fixité non absolue mais suffisamment relative pour que la déformation de la courbe d'équilibre des câbles paraboliques sous l'influence des surcharges concentrées ne s'étende que sur l'arc $\alpha\omega\alpha'$.

Les nombreuses expériences d'épreuves faites sur des ponts légers, munis de poutres de rigidité dont l'efficacité est purement

relative, ont démontré que la fixité des points α et α' est pratiquement suffisante.

Cela posé, la courbe parabolique (p) décrite par les câbles suspenseurs de α à α' sous le poids permanent p par mètre courant,

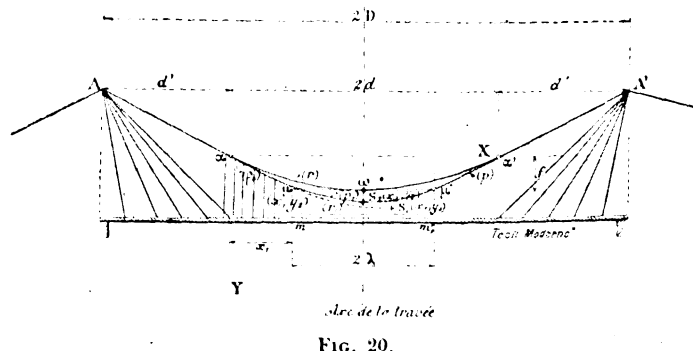


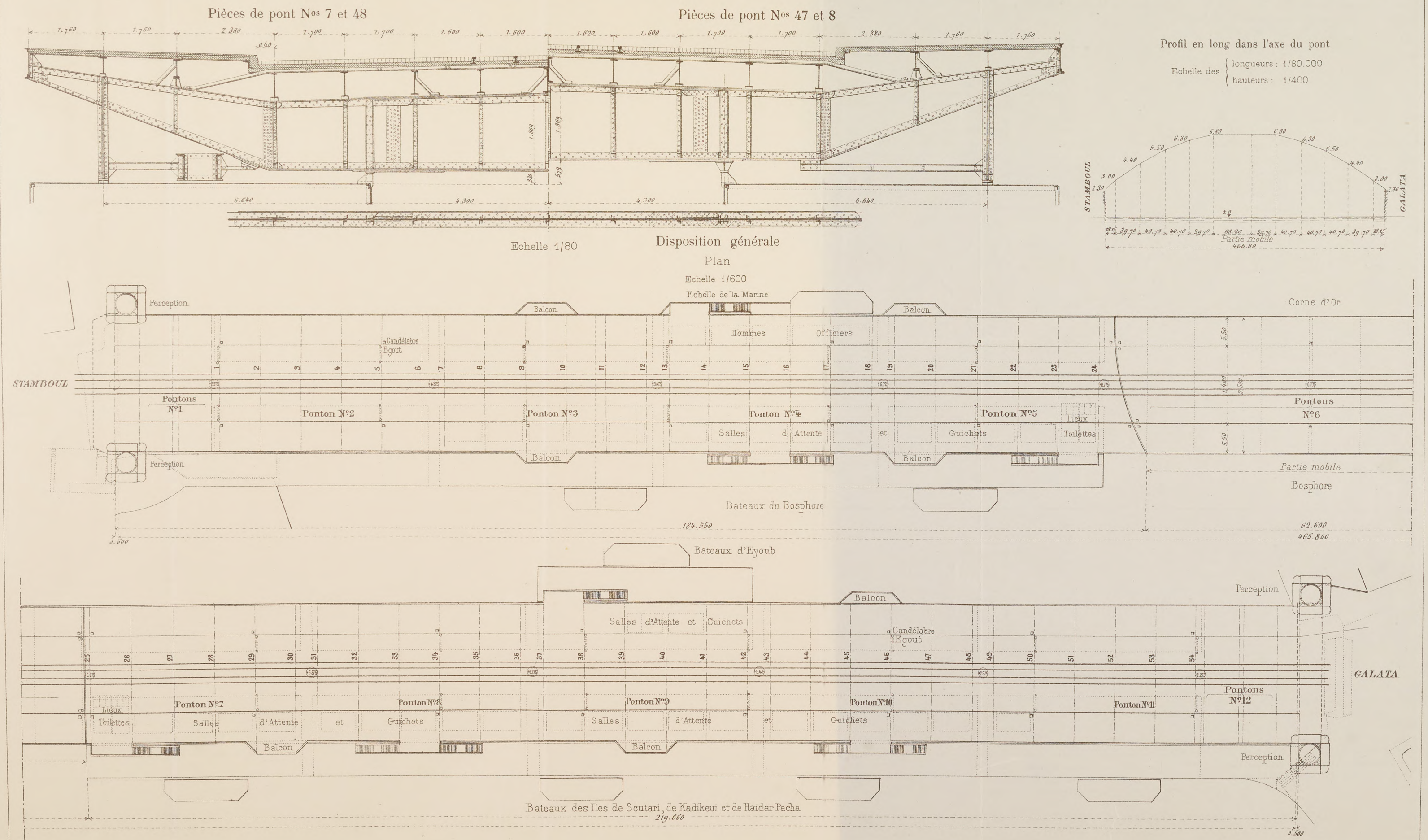
FIG. 20.

suspension comprise, se déforme sous l'influence de la surcharge et décrit deux arcs de parabole.

Le premier arc (p_0) de sommet $S_0(x_0, y_0)$ s'étend de α à μ , et correspond à un poids p par mètre courant.

Le second (p_1) s'étend de μ à α' et a pour sommet $S_1(x_1, y_1)$, il correspond à un poids $p + \pi$ par mètre courant, réparti de m en m' .

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 1, p. 1 et n° 2, p. 76.



Ces deux arcs de parabole (p_0) et (p_1) se raccordent au point μ de coordonnées (x_1 , y_1).

Étant données les valeurs de : d , f , x_1 , p et π , il est facile de calculer les valeurs de x_0 , y_0 , x_2 , y_2 et y_1 ; ce qui permet de tracer les arcs de courbe décrits par les câbles, et par suite d'en déduire la déformation du tablier, puisque les ordonnées de cette courbe de déformation sont précisément représentées par les différences des ordonnées de l'arc de parabole (p) avec les arcs de paraboles (p_0) (p_1) pour une abscisse donnée.

On en déduit également la tension maximum dans les câbles.

Le système déformé est en équilibre, les deux arcs des paraboles (p_0) (p_1) se raccordent au point μ , ils ont donc même tangente en ce point et même tension horizontale.

Il suffit d'exprimer ces conditions pour avoir les valeurs des inconnues.

L'équation de la parabole (p_0) est :

$$p_0) (x - x_0)^2 + \frac{x_0^2}{y_0} (y - y_0) = 0 \text{ par rapport aux axes } xX, yY.$$

Cette parabole passe par le point μ , on a donc la relation :

$$x_1^2 - 2x_1x_0 + \frac{x_0^2}{y_0} y_1 = 0.$$

L'équation de la tangente à cette parabole (p_0) au point μ est :

$$y - y_1 = \frac{2(y_0 - y_1)}{x_0 - x_1} (x - x_1),$$

la tension horizontale des câbles paraboliques est en ce même point :

$$T_H = p \cdot \frac{(x_0 - x_1)^2}{2(y_0 - y_1)}.$$

L'équation de la parabole (p_1) est, par rapport aux mêmes axes :

$$p_1) (x - x_1)^2 - 2x_1 - x_1 (x - x_1) + \frac{(x_2 - x_1)^2}{y_2 - y_1} (y - y_1) = 0.$$

La tangente à cette parabole (p_1) au point μ a pour équation :

$$y - y_1 = 2 \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1)$$

et la tension horizontale des câbles suspenseurs en ce point est :

$$T_H = (p + \pi) \frac{(x_2 - x_1)^2}{2(y_2 - y_1)}.$$

Les conditions d'équilibre donnent les relations suivantes :

$$\begin{aligned} \frac{y_0 - y_1}{x_0 - x_1} &= \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \\ \pi + p) \frac{(x_2 - x_1)^2}{y_2 - y_1} &= p \frac{(x_0 - x_1)^2}{y_0 - y_1} = p \frac{x_0^2}{y_0}, \\ \frac{f^2}{d} &= \frac{y_0^2}{x_0^2} - \frac{y_0 - y_1}{x_0 - x_1} + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \text{ avec } x_2 = d. \end{aligned}$$

la dernière relation exprime que la longueur des câbles ne s'est pas modifiée par la déformation de la courbe décrite antérieurement. On n'envisage pas ici la déformation élastique des câbles. Au moyen de ces équations on déduit de suite en posant : $m = 2\lambda$ et par suite $x_1 = d = \lambda$:

$$1) \quad x_0 = d + \frac{\pi}{p} \lambda,$$

$$2) \quad y_0 = f \frac{\left(d + \frac{\pi}{p} \lambda\right)^2}{\sqrt{d \left[\left(d + \frac{\pi}{p} \lambda\right)^2 - \lambda^2 \frac{\pi}{p} \left(1 + \frac{\pi}{p}\right)^2\right]}}.$$

$$(3) \quad y_1 = f \frac{\left[d^2 - \lambda^2 + 2 \frac{\pi}{p} \lambda (d - \lambda)\right]}{\sqrt{d \left[\left(d + \frac{\pi}{p} \lambda\right)^2 - \lambda^2 \frac{\pi}{p} \left(1 + \frac{\pi}{p}\right)^2\right]}},$$

$$(4) \quad y_2 = f \frac{\left[\left(d + \frac{\pi}{p} \lambda\right)^2 - 2 \frac{\pi}{p} \lambda^2\right]}{\sqrt{d \left[\left(d + \frac{\pi}{p} \lambda\right)^2 - \lambda^2 \frac{\pi}{p} \left(1 + \frac{\pi}{p}\right)^2\right]}}.$$

Ces inconnues étant déterminées, il est facile de voir quel sera, sous l'influence de cette déformation seule, l'abaissement au centre de la travée, dû à la présence de la surcharge. Cet abaissement est donc :

$$(5) \quad \delta(f) = y_2 - f = f \left\{ \frac{\left(d + \frac{\pi}{p}\right)^2 - 2 \frac{\pi}{p} \lambda^2}{\sqrt{d \left[\left(d + \frac{\pi}{p} \lambda\right)^2 - \lambda^2 \frac{\pi}{p} \left(1 + \frac{\pi}{p}\right)^2\right]}} - 1 \right\}.$$

La tension maximum dans les câbles paraboliques de la suspension se déduit de ce qui précède. La tension horizontale est :

$$T_H = p \cdot \frac{x_0^2}{2y_0},$$

et la tension maximum en x (ou en x') est :

$$T_m = T_H \sqrt{1 + \frac{4y_0^2}{x_0^2}} = p x_0 \sqrt{1 + \frac{x_0^2}{4y_0^2}},$$

finalement :

$$(6) \quad T_m = (pd + \pi \lambda) \sqrt{1 + \frac{d \left[\left(d + \frac{\pi}{p} \lambda\right)^2 - \lambda^2 \frac{\pi}{p} \left(1 + \frac{\pi}{p}\right)^2\right]}{4f^2 \left(d + \frac{\pi}{p} \lambda\right)^2}}.$$

Cette dernière formule est celle qui doit être utilisée pour la détermination de la tension et par suite de la section des câbles paraboliques.

Dans tout ce qui précède, on a supposé que la suspension était infiniment flexible ainsi que le tablier; on se place donc dans des conditions qui donnent toute sécurité. On considère tout l'ensemble de la suspension et de l'ouvrage comme constituant en somme un véritable porteur aérien.

En ce qui concerne la déformation $\delta(f)$, elle est intéressante à connaître par ce fait qu'elle donne pour l'ouvrage considéré une limite maximum maximum de l'abaissement au centre d'un tablier de pont suspendu entièrement flexible ou semi rigide, dans le cas où les poutres de rigidité ne jouent aucun rôle.

Application (Pont de Williamsburg sur l'East River). — Si l'on considère, par exemple, le pont de Williamsburg, inauguré au commencement de 1904 et situé non loin de celui de Brooklyn, on peut se rendre compte de l'importance des formules précédentes. Ce pont a une travée unique de $2d = 486^m,40$, sans haubans de rigidité ou câbles obliques, sa flèche est $f = 54$ mètres. Le poids par mètre courant de tablier, suspension comprise, est $p = 20\,000$ kg.

On peut se demander quel serait l'abaissement au centre de la travée lors du stationnement d'un train de 100 mètres de longueur, et pesant au total 700 000 kg., si les poutres de rigidité du tablier ne jouaient aucun rôle.

On voit que :

$$\pi = 7\,000 \text{ kg.},$$

ce qui permet de calculer avec les formules précédentes :

$$\delta f = 0^m,56,$$

comme abaissement maximum.

Ce résultat est intéressant parce qu'il permet de conclure combien est peu important le rôle joué par les poutres de rigidité

dans des ouvrages où le poids mort est aussi notable par rapport aux surcharges roulantes.

SUR LA STABILITÉ DE LA NACELLE D'UN PONT A TRANSBORDEUR. — VÉRIFICATION PRATIQUE DE LA THÉORIE. — Nous allons déterminer la valeur du déplacement transversal que la nacelle d'un



FIG. 21. — Pont à transbordeur de Kiel, dans les chantiers Germania.

pont à transbordeur peut subir du fait de la poussée d'un vent de 150 kg. de pression par mètre carré de surface frappée.

Cas d'une suspension élastique. — Examinons le cas le plus général, avec une suspension élastique, c'est-à-dire en câbles reliant la nacelle au cadre de roulement, qui circule sur le tablier du pont. Nous envisagerons ensuite le cas d'une suspension rigide.

Dans les ponts à transbordeur de Bilbao, Rouen, Martrou, Brest, Nantes, Marseille, Newport-Mon, Kiel (fig. 21) et Middlebrough, la suspension de la nacelle est constituée par des câbles.

Le cas le plus général de cette suspension consiste à considérer deux poutres porte-rails distantes d'axe en axe d'une longueur de 2Δ ; sur ces rails circulent les galets d'un cadre de roulement où sont fixés des câbles porteurs et transversaux de la nacelle comme il est représenté ci-contre (fig. 22).

Les points de suspension de la nacelle sont à une hauteur H des poutres porte-rails, la distance transversale entre les points de suspension de la nacelle est 2δ , et la hauteur entre les points α, α_1 et les points γ, γ_1 de la nacelle est égale à h .

Cela posé, si F est l'action due au vent dont la valeur est : $F = S \cdot \varphi$ et appliqué au point G (fig. 22), S

représentant en mètres carrés la surface au vent de la nacelle et de la moitié de sa suspension, avec $\varphi = 150$ kg., son action sur la nacelle est celle d'une force définie par la relation :

$$F_n = F \cdot \frac{H - z}{H},$$

agissant en α, α_1 .

Sous l'influence de cette force F_n , les points α, α_1 viennent en α'

et α'_1 ; en effet, les câbles $A\alpha, A\alpha_1$ ne permettent comme déplacements des points α, α_1 que des positions α', α'_1 situées sur les arcs des circonférences décrites de A comme centre avec $A\alpha$ et $A\alpha_1$ comme rayons; les câbles $A_1\alpha, A_1\alpha_1$ ne supportent plus aucune tension si un déplacement se produit, puisque les longueurs $A_1\alpha'$ et $A_1\alpha'_1$ sont plus petites que les longueurs $A_1\alpha$ et $A_1\alpha_1$.

Du fait du déplacement de la nacelle, l'action de la pesanteur fait naître en α' et en α'_1 deux composantes horizontales dont la somme vient égaler la valeur de F_n quand l'équilibre est établi.

Ceci veut dire que le déplacement minimum des points α, α_1 est obtenu lorsque la somme des forces horizontales qui agissent sur le système est nulle.

Cette équation d'équilibre s'écrit simplement; on a, en effet, si l'on désigne par 2Φ le poids de la nacelle et de sa surcharge :

$$\frac{t_x}{\Phi} = \frac{\Delta - \delta + x}{H - z(H)} \quad x = \alpha'\beta = \alpha'_1\beta_1,$$

et :

$$\frac{t_x}{\Phi} = \frac{\Delta + \delta + x}{H - z(H)},$$

par suite :

$$F_n = t_x + t_1 x = \frac{2\Phi}{H - z(H)} (\Delta + x),$$

finalement le déplacement x est défini par la relation :

$$(a) \quad x = \frac{1}{2} \left[\frac{F_n}{\Phi} - \frac{2\Delta}{H - z(H)} \right] H - z(H).$$

Il est évident que si :

$$(a_1) \quad \frac{F_n}{\Phi} \leq \frac{2\Delta}{H - z(H)},$$

la stabilité des points α, α_1 est assurée, c'est-à-dire qu'aucun déplacement de ces points n'est possible sous la poussée d'un vent de 150 kg. de pression donnant naissance à cette pression F_n .

Il n'en est pas de même pour les points γ, γ_1 , car, alors même que les points α, α_1 sont fixes, lorsque la relation (a_1) est satisfaite, les points γ, γ_1 se déplacent en γ', γ'_1 (fig. 23).

Leur déplacement transversal est facile à déterminer, en écrivant la même équation d'équilibre que précédemment et qui se traduit ici par la relation :

$$2t_x = F_n = 2\delta \cdot x \cdot \frac{\Phi}{h},$$

d'où :

$$z(x) = \frac{F_n \cdot h}{\Phi \cdot 2}.$$

Dans le cas où :

$$\frac{F_n}{\Phi} > \frac{2\Delta}{H - z(H)},$$

le déplacement transversal total des différents points de la nacelle est évidemment égal à :

$$x + z(x) = \frac{1}{2} \left\{ \frac{F_n}{\Phi} - \frac{2\Delta}{H - z(H)} \right\} [H - z(H)] + \frac{F_n \cdot h}{\Phi \cdot 2},$$

le calcul de la valeur de $z(H)$ est immédiat : on a (fig. 22) :

$$\alpha\beta = z(H) = x \operatorname{tg} \theta \quad x + \Delta - \delta = H \operatorname{tg} \theta,$$

donc :

$$(b) \quad z(H) = x \frac{(\Delta - \delta + x)}{H}.$$

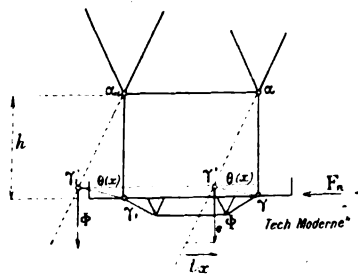


FIG. 23.

On emploiera donc la méthode de fausse position ou des approximations successives, qui consiste à ne pas tenir compte dans la relation (a) de la valeur de $\varnothing(H)$ pour le calcul de x , puis avec la valeur trouvée de x on déduira par la formule (b) la valeur de $\varnothing(H)$. En reportant dans (a) la valeur $\varnothing(H)$ ainsi calculée, on obtient une nouvelle valeur de x plus approchée que la précédente. On peut continuer cette série d'opérations jusqu'au moment où la différence entre les deux valeurs successives de x est négligeable.

Application. — Lors du renouvellement des expériences d'épreuves du pont à transbordeur de Nantes, le 7 août 1909, on a fait des efforts de traction sur la nacelle qui se résument ainsi : pour apprécier son déplacement transversal sous l'influence de la pression d'un vent soufflant transversalement avec une intensité de 150 kg. et qui produit une poussée horizontale totale de 5 600 kg., la nacelle étant en surcharge, et d'environ 4 000 kg., la nacelle à vide; on a effectué au moyen d'un treuil muni d'un dynamomètre une traction horizontale sur la nacelle de :

- 1° — 5 600 kg., lorsque la nacelle était surchargée de 34 000 kg.;
- 2° — 4 000 kg., lorsqu'elle était à vide,

on a obtenu, dans la première expérience, un déplacement transversal de 0^m,37 et, dans la seconde expérience, un déplacement de 2^m,115.

Voyons si, avec les données de la question, les résultats théoriques sont en concordance avec les résultats observés pratiquement.

Dans la première expérience, la nacelle à vide pesant 30 000 kg., on a avec la surcharge :

$$2\Phi = 64\,000 \text{ kg.}$$

Comme, par ailleurs, on a :

$$2\Delta = 8 \text{ m.} \quad H = 41^{\text{m}},25, \quad h = 4^{\text{m}},20,$$

on voit que :

$$\frac{F_n}{\Phi} \text{ soit } \frac{5\,600 \text{ kg.}}{32\,000} = \frac{1}{5,714}$$

est inférieur à :

$$\frac{2\Delta}{H - \varnothing(H)} \text{ où } \frac{8}{41,25} = \frac{1}{5,156}$$

En conséquence, la stabilité des points α, α' (fig. 22) est assurée; le déplacement observé est donc le déplacement complémentaire :

$$\varnothing(x) = \frac{F_n \cdot h}{\Phi \cdot 2} = 0^{\text{m}},36,$$

valeur théorique en concordance complète avec le résultat observé, pratiquement 0^m,37.

Dans la deuxième expérience, la nacelle était à vide, on a, dans ce cas :

$$2\Phi = 30\,000 \text{ kg.}$$

$$F_n = 4\,000 \text{ kg.}$$

ici :

$$\frac{F_n}{\Phi} = \frac{1}{3,5} \text{ et } \frac{2\Delta}{H - \varnothing(H)} = \frac{1}{5,156}$$

par conséquent, les points α, α' se déplacent d'une quantité x définie par :

$$x = \frac{41,25}{2} \left[\frac{1}{3,5} - \frac{1}{5,156} \right] = 1^{\text{m}},88;$$

avec cette valeur de x , on déduit $\varnothing(H) = 0^{\text{m}},36$ et la valeur rectifiée de x est alors :

$$x = 1^{\text{m}},85.$$

Si à ce déplacement on ajoute le déplacement complémentaire $\varnothing(x)$ défini plus haut :

$$\varnothing(x) = \frac{F_n \cdot h}{\Phi \cdot 2} = 0^{\text{m}},60,$$

on trouve pour le déplacement transversal théorique total :

$$x + \varnothing(x) = 2^{\text{m}},45,$$

alors que dans le procès-verbal des épreuves du pont à transbordeur de Nantes le déplacement observé pratiquement a été de 2^m,115. L'écart de 0^m,335 n'a rien qui étonne; il était évident *a priori* que le déplacement théorique devait nécessairement être supérieur au déplacement pratiquement observé, puisque, dans la deuxième expérience, c'est tout l'ensemble de la nacelle et de sa suspension qu'on a à déplacer : on a donc à vaincre des résistances passives plus importantes. L'écart est assez faible pour permettre de conclure que tout se passe bien, aux résistances passives près, selon les prévisions. Il ne pouvait d'ailleurs y avoir de doute à ce sujet, puisque le système de suspension de la nacelle, complètement élastique, doit obéir intégralement aux efforts statiques seuls.

La conclusion importante à tirer de cette étude sur la stabilité de la nacelle et des observations précédentes est qu'il est toujours possible, dans un pont à transbordeur, de limiter à une valeur donnée à l'avance, et même de rendre nul, le déplacement transversal des points α, α' de la nacelle sous la pression d'un vent donné de 150 kg. par mètre carré ou plus.

En effet, connaissant la valeur de F qui est fonction des dimensions données à la nacelle et de la surface au vent qu'elle présente en surcharge ou à vide, il suffit, pour que la stabilité des points α, α' soit assurée, que la relation :

$$\frac{F_n}{\Phi} \geq \frac{2\Delta}{H},$$

soit satisfaite; il n'y a pour cela qu'à prendre pour demi-largeur du tablier :

$$\Delta \leq \frac{H}{2} \cdot \frac{F_n}{\Phi}.$$

Cas d'une suspension rigide. —

Dans le cas d'une suspension rigide et indéformable de la nacelle, comme dans les ponts à transbordeur de Duluth (Etat de Minnesota), de l'Osten près Hambourg, il est intéressant d'examiner ce qui se passe dans le cas d'un vent de 150 kg. de pression par mètre carré. Cette pression est celle qui a été considérée comme la limite du fonctionnement de la nacelle dans tous les ouvrages existants.

Si ω est le centre de gravité de l'ensemble de la nacelle et de sa suspension (fig. 24), la condition d'équilibre de la nacelle après son déplacement transversal x est que :

$$l_x = l'_x.$$

Or, on a :

$$\frac{x}{H} = \frac{l_x}{2\Phi}.$$

Si la poussée F du vent est appliquée en G , on a :

$$l'_x = \frac{F}{H} z;$$

finalement on en déduit :

$$x = \frac{F \cdot z}{\Phi \cdot 2}.$$

Quant au déplacement en hauteur des galets sous le vent, il est $\alpha x'$, soit :

$$\alpha x' = 2\Delta \varnothing(\theta);$$

mais :

$$x = H \varnothing(\theta),$$

d'où :

$$\alpha x' = \Delta \cdot \frac{F}{\Phi} \cdot \frac{z}{H}.$$

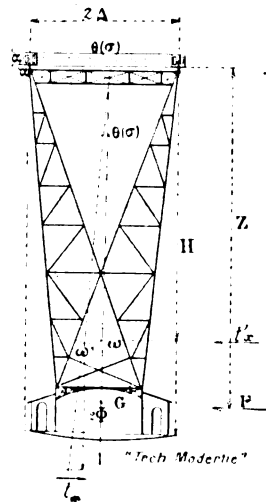


FIG. 24.

Il y a là un inconvénient assez grave dans ce système de suspension rigide qui est combattu par l'augmentation de la valeur de 2Φ .

Pour que le déplacement en hauteur des galets sous le vent ne fasse pas varier l'axe longitudinal du cadre de roulement,

il y a lieu de prévoir des galets frottant sur les semelles inférieures des poutres porte-rails.

G. LEINKUGEL LE COCQ,
Ancien Ingénieur hydrographe de la marine,
Ingénieur en chef des Etablissements F. Arnodin.

CHEMINS DE FER

DE LA RÉPÉTITION SUR LES LOCOMOTIVES DES SIGNAUX DE LA VOIE ⁽¹⁾

(Suite.)

SIFFLETS ÉLECTRO-AUTOMOTEURS.

Dans ces appareils, la pression disponible pour maintenir la soupape du sifflet sur son siège est égale à la différence entre l'attraction exercée par l'aimant permanent sur son armature au collage et la force du ressort antagoniste qui sert à arracher cette armature, dès que l'effet de l'aimant est neutralisé par le passage du courant dans les bobines. Cette pression ne pouvant excéder quelques kilogrammes, alors que celle de la vapeur de la chaudière atteint 16 kg. par centimètre carré, les dimensions de la soupape commandée par le mouvement de l'armature ne sauraient dépasser une fraction de centimètre carré, ce qui ne permet d'actionner que des sifflets de faible puissance,

Afin d'augmenter cette puissance, on utilise l'ouverture de la petite soupape pour commander un servo-moteur, qui actionne à son tour le sifflet à vapeur de la locomotive ou une trompe spéciale.

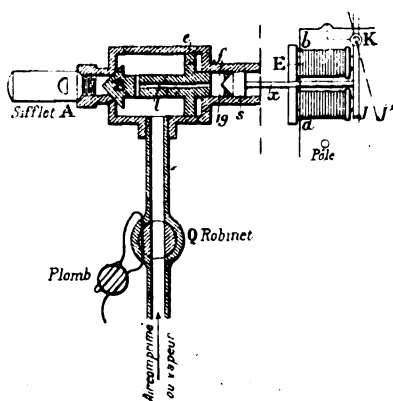


FIG. 8. — Sifflet électro-automoteur.

La figure 8 représente schématiquement un dispositif de ce genre.

La pression de la vapeur sur la petite soupape *s* est équilibrée par l'attraction de l'aimant sur l'armature *j* de l'électro *E*. Dès que cette attraction cesse, la soupape s'ouvre et met la face droite du piston en communication avec l'at-

mosphère; on dispose alors, pour ouvrir la grande soupape *S*, de la pression de la vapeur sur la face gauche du piston, pression qu'on pourra rendre aussi grande qu'on le voudra. En fermant la soupape *s*, on remet la face gauche du piston en communication avec la chaudière par l'intermédiaire du conduit de faible section *i*, d'où résultera la fermeture de la soupape *S* au bout d'un temps d'autant plus long que le conduit *i* sera plus étroit.

Le sifflet, une fois déclenché, ne cessera de retentir jusqu'à ce que le mécanicien ait ramené à la main l'armature de l'électro-aimant au contact du noyau aimanté.

La Compagnie des chemins de fer de l'Est expérimente en ce moment divers dispositifs dans lesquels cette manœuvre de l'armature se fait *automatiquement*, et cela dans le but de soustraire complètement l'appareil à l'action du mécanicien.

A cet effet, on peut, par exemple, agir sur l'armature de

l'électro à l'aide d'un échappement armé à la main et qui, déclenché par la chute de l'armature, ramène celle-ci au contact avec une vitesse que l'on peut régler au moyen d'un régulateur à ailettes.

On peut aussi (fig. 9 et 10) admettre la vapeur en même temps dans le servo-moteur du sifflet et à la partie inférieure d'un cylindre dans lequel se meut un piston, sur la face supérieure duquel s'appuie un ressort. L'ascension du piston dans le cylindre ramène l'armature au contact de l'aimant. On modère d'ailleurs cette ascension en contrariant le mouvement de l'arma-

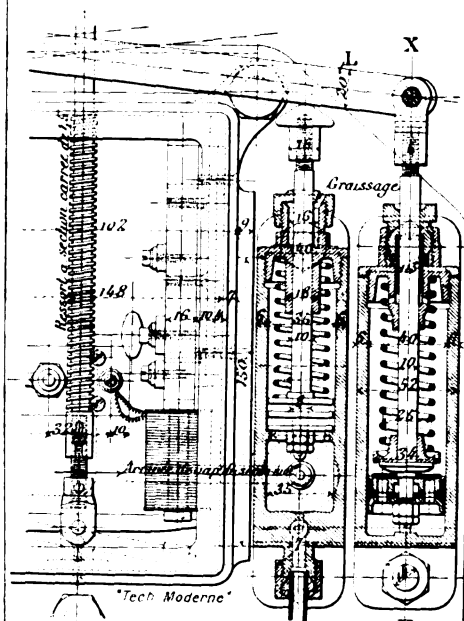


FIG. 9. — Sifflet électro-automoteur de la Compagnie de l'Est.

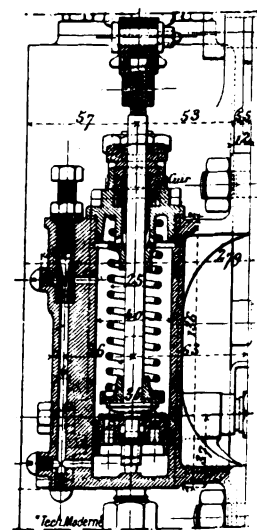


FIG. 10. — Sifflet électro-automoteur de la Compagnie de l'Est. (Coupe suivant XY).

ture, à l'aide d'une pièce solidaire de la tige d'un deuxième piston qui se meut dans un cylindre rempli de liquide et ne peut se déplacer sans chasser le liquide devant lui, en l'obligeant à passer sous l'autre face du piston à travers un conduit très étroit ménagé, à cet effet, dans la paroi du cylindre.

La Compagnie des chemins de fer P.-L.-M. expérimente, de son côté, un dispositif dans lequel le levier du sifflet à vapeur de la machine traverse un étrier *g*, sollicité par de forts ressorts *f* qui tendent à abaisser le levier et par suite à faire retentir le sifflet (fig. 11 et 12). Ces ressorts, lorsqu'ils sont bandés, appuient la pièce *e* sur un verrou *d* et n'ont pas d'action sur l'étrier, mais dès que l'ouverture du verrou leur permet de se détendre, ils entraînent la pièce *e* et l'étrier dans leur mouvement. Le verrou

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 2, p. 65.

est d'ailleurs chassé de son logement par un ressort *c* maintenu lui-même bandé par l'action de l'aimant *a* sur son armature.

En tournant le levier *h*, après fonctionnement du sifflet, le mé-

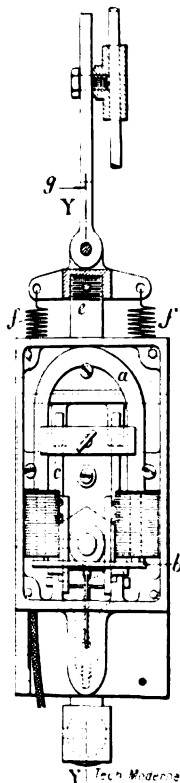


Fig. 11. — Sifflet électro-automoteur P.-L.-M.

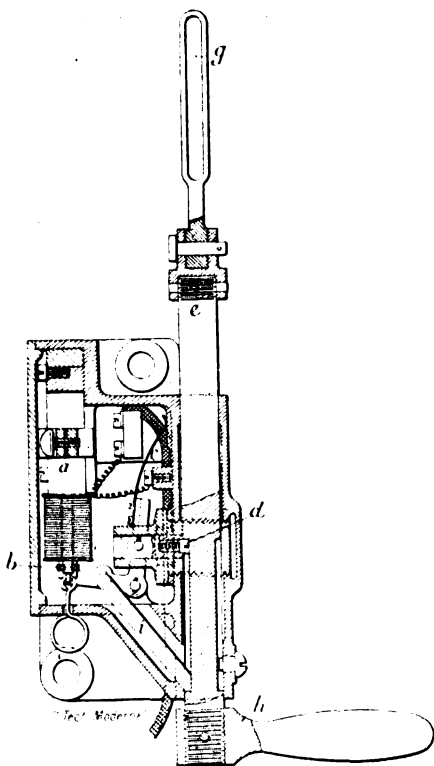


Fig. 12. — Sifflet électro-automoteur P.-L.-M. (coupe suivant YY).

canicien réarme les grands ressorts et ramène automatiquement l'armature au collage et le verrou dans son logement.

CONTROLE DU FONCTIONNEMENT DES APPAREILS.

On ne peut évidemment accorder une confiance illimitée à des appareils comportant l'emploi de piles, lorsqu'ils n'ont à fonctionner qu'en cas de danger, c'est-à-dire à de très rares intervalles. Pour compter sur eux, il est indispensable de les soumettre à un contrôle fréquent et on a essayé d'y arriver en tentant de réaliser, avec les mêmes piles, la répétition du signal ouvert et celle du signal fermé, de manière à vérifier le fonctionnement de la pile à chaque passage de machine devant le disque.

Cette méthode, actuellement en essai sur les réseaux de l'Est et du P.-L.-M., aurait, de plus, l'avantage de permettre l'enregis-

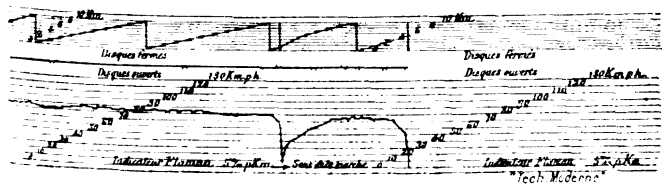


Fig. 13. — Bande d'indicateur de l'enregistreur de vitesse, système Flaman.

trement de la position de tous les signaux sur la bande de papier de l'enregistreur de vitesse Flaman, dont les locomotives françaises ne tarderont pas à être toutes pourvues. On arriverait ainsi très aisément à départager d'une manière incontestable les responsabilités entre aiguilleurs et mécaniciens, en cas de contestation sur la position d'un disque (fig. 13).

La pile étant placée à côté du signal, on dispose le commutateur de manière que le crocodile soit alternativement connecté avec le pôle positif ou avec le pôle négatif, le pôle opposé étant à la terre. L'électro-aimant Hughes, qui commande la soupape du sifflet, reçoit alors : lorsque le disque est fermé, un courant qui le désaimante ; lorsque le disque est ouvert, un courant qui renforce l'aimantation et n'a, dans ce cas, aucune action sur le sifflet.

Dans le circuit qui comprend cet électro-aimant Hughes, on insère, en série ou en dérivation, deux petits électros dont les armatures, lorsqu'elles sont relâchées, viennent appuyer un style sur la bande de papier de l'enregistreur. Les enroulements des petits Hughes sont d'ailleurs disposés de telle sorte que le premier décolle, lorsqu'il passe, un courant positif, le second, lorsqu'il passe, un courant négatif.

Au bout d'un temps très court, les armatures des petits électros sont d'ailleurs ramenées au collage par un servo-moteur qui emprunte son énergie à l'arbre même de l'enregistreur de vitesse, c'est-à-dire, en définitive, à l'essieu.

L'inconvénient du système est d'épuiser rapidement les piles, car celles-ci, ayant toujours l'un de leurs pôles à la terre et l'autre au crocodile, débitent constamment du courant, par suite de l'isolement imparfait de ce dernier qui est nécessairement établi près du sol.

A la condition d'utiliser la même batterie de piles pour produire, d'une part, l'enregistrement du signal ouvert, d'autre part, le déclenchement du sifflet et l'enregistrement du signal fermé, un simple examen des bandes de papier des enregistreurs de vitesse permettra de se rendre compte, sans déplacement, de l'état de toutes les piles de voie et du bon entretien des commutateurs manœuvrés par les disques, ainsi que des connexions entre ces commutateurs et la terre ou les crocodiles. Tout défaut dans ces parties des appareils serait donc rapidement reconnu et réparé, ce qui constituera un progrès très notable des installations projetées par les Compagnies de l'Est et du P.-L.-M. par rapport à l'ancienne installation de la Compagnie du Nord.

Mais il restera toujours à craindre que, par un hasard particulièrement malheureux, une pile soit en mauvais état, ou un crocodile mal relié au commutateur, ou un fil de terre coupé au moment même où devrait se produire un signal de danger.

Cette préoccupation a conduit à créer des appareils dans lesquels le crocodile joue un rôle absolument passif, et où le signal de danger se produit au moment du passage de la brosse, quel que soit l'état des connexions entre le crocodile et le commutateur, d'une part, le commutateur et la terre, de l'autre.

Deux solutions sont actuellement en présence : l'une purement électrique, expérimentée en Belgique, est due à MM. César, Noé et Beauvais ; l'autre, électro-mécanique, a été présentée par la Société « The Audible Railway Signal Co, limited » et a reçu un certain nombre d'applications en Angleterre, notamment sur le réseau du Great Western Railway.

APPAREIL SYSTÈME CÉSAR

Dans l'appareil César (fig. 14) une batterie de huit éléments secs, placée sur la machine, alimente constamment un circuit dans lequel sont insérés en série deux électros *E* et *E'*, dont le premier a une résistance beaucoup plus forte que le second. Ce courant, qui part d'un des pôles de la batterie pour aboutir à l'autre suivant le chemin *PBE* (*ab*) 11, 0, 2, *B'E'* (*cd*) 6, *m*, *k*, *l*, *P*, excite les deux électros ; l'armature *j* de l'électro *E* bloque alors la soupape *s* du sifflet et ferme le contact *1* ; l'armature *q* de l'électro *E'* ferme le contact 2.

Sous la machine sont placées deux brosses *B* et *B'*, dont l'une est à 50 cm. en avant de l'autre ; lorsqu'elles touchent toutes deux le crocodile *G*, le courant peut atteindre directement l'élec-

tro de faible résistance E' suivant le circuit $P, B, G, B', E' (c, d)$ 6, m, k, l, P qui se trouve fermé, entre B et B' , par le crocodile G . L'électro E se trouve ainsi shunté et l'intensité dans E' atteint une valeur suffisante pour que l'armature q prenne la position q' , rompant en 2 le circuit permanent dit principal. L'armature j , cessant alors d'être attirée par l'électro E , débloque la soupape s et le sifflet retentit; en même temps, le levier hg tourne autour du point h et tombe sur le taquet l , ce qui a pour effet de faire apparaître un voyant R .

Un commutateur permet au mécanicien de rétablir le courant dans le circuit principal et de ramener ainsi le sifflet au silence.

Reste à éviter l'intervention du mécanicien et à empêcher automatiquement le coup de sifflet de se prolonger inutilement

codile, shunte l'électro E , déterminant ainsi : la rupture du contact en l , le fonctionnement du sifflet et la rotation du levier hg .

Mais il naît en même temps dans la bobine de self un extra-courant de rupture de sens contraire au premier, que l'on utilise pour ramener le sifflet au silence.

Cet extra-courant atteint en effet l'électro E' suivant $D, 16, 17, G, B', E' (c, d)$, 6, masse, rail, 18, 4, 3, D . L'armature de l'électro E' est alors rappelée de la position q' à la position q , rétablissant le contact en 2 et mettant en connexion le bec r avec un conducteur isolé g relié à la pile suivant g, h, v, p , ce qui a pour effet de fermer le courant de la pile sur l'électro E suivant $P, B, E (a, b, o, r, g, h, v, p)$. L'armature de l'électro E est alors rappelée de j' en j et le sifflet est ramené au silence.

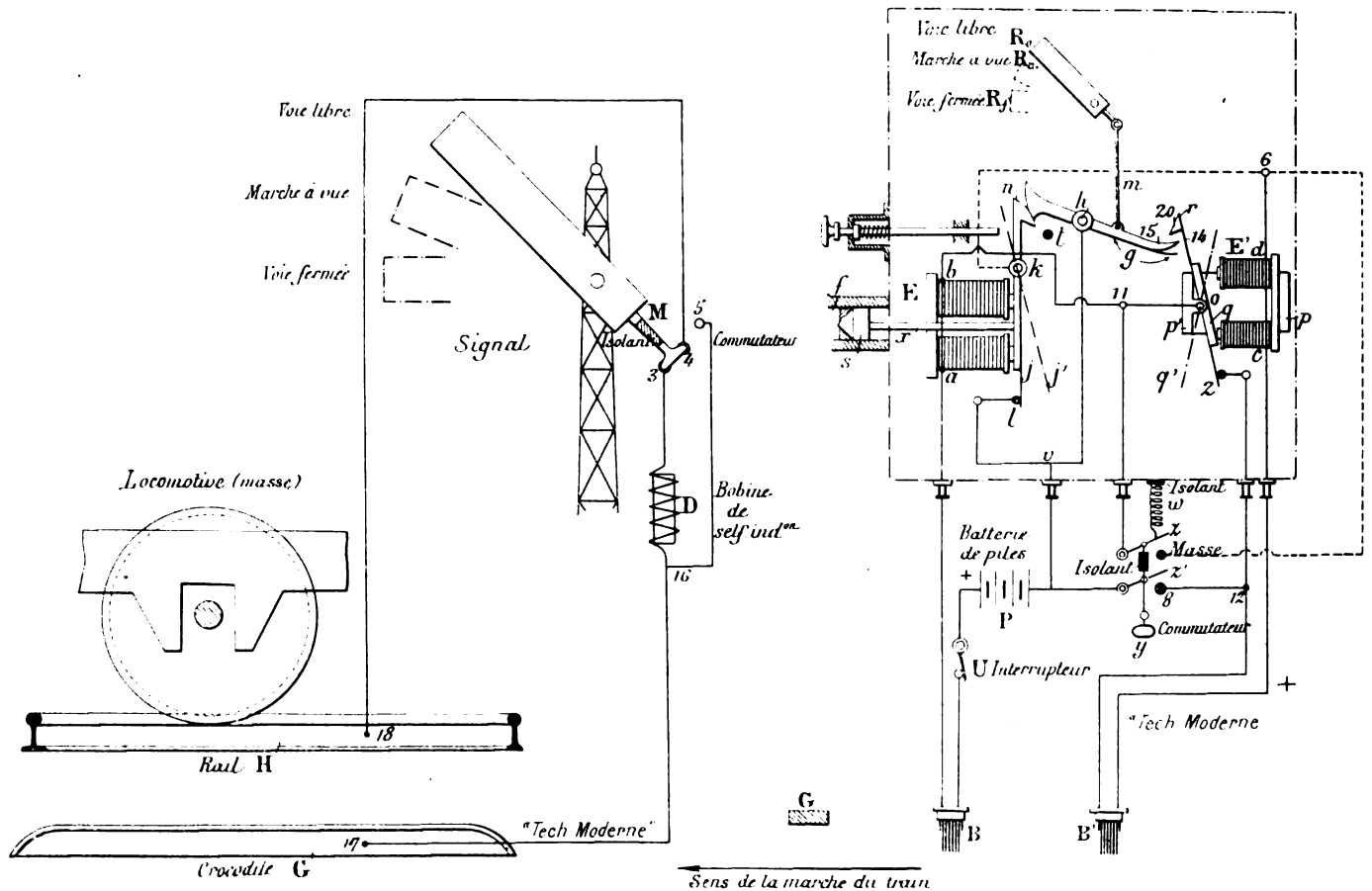


FIG. 14. — Schéma du dispositif de l'appareil système César.

lorsque le disque correspondant au crocodile indique « voie libre ».

M. César a imaginé à cet effet la disposition très ingénieuse que voici :

Quand le signal est ouvert, un commutateur relie le crocodile G à l'une des extrémités d'une bobine de self-induction D , placée à côté du disque et dont l'autre extrémité est reliée au rail. Le circuit principal, constamment fermé sur la machine, est d'ailleurs relié en l'un de ses points (6) à la masse de la locomotive et par suite au rail; le pôle négatif de la pile est aussi relié directement en ce point à la masse par l'intermédiaire de l'armature j , qui rompt toutefois cette liaison en l dès que l'électro-aimant E cesse d'être excité.

Lorsque le crocodile est connecté avec la bobine de self, celle-ci, dès que la première brosse B touche le crocodile, se trouve insérée dans un circuit partant du pôle positif de la pile et aboutissant au point 6 suivant $P, B, G, 17, 16, D, 3, 4, 18$, rail, masse, 6, m, k, l, P . Ce courant excite la bobine de self jusqu'à ce que la seconde brosse B' , venant à toucher à son tour le cro-

codile, shunte l'électro E , déterminant ainsi : la rupture du contact en l , le fonctionnement du sifflet et la rotation du levier hg . Mais il naît en même temps dans la bobine de self un extra-courant de rupture de sens contraire au premier, que l'on utilise pour ramener le sifflet au silence.

Cet extra-courant atteint en effet l'électro E' suivant $D, 16, 17, G, B', E' (c, d)$, 6, masse, rail, 18, 4, 3, D . L'armature de l'électro E' est alors rappelée de la position q' à la position q , rétablissant le contact en 2 et mettant en connexion le bec r avec un conducteur isolé g relié à la pile suivant g, h, v, p , ce qui a pour effet de fermer le courant de la pile sur l'électro E suivant $P, B, E (a, b, o, r, g, h, v, p)$. L'armature de l'électro E est alors rappelée de j' en j et le sifflet est ramené au silence.

(A suivre.)

J. NETTER,
Ancien Élève de l'École Polytechnique.
Capitaine du Génie en retraite.

CHEMINS DE FER

L'EXPLOITATION MODERNE D'UN GRAND RÉSEAU DE CHEMINS DE FER
AUX ÉTATS-UNIS

ORGANISATION GÉNÉRALE. — L'industrie des transports, intimement liée au développement économique d'une nation, comporte des problèmes très complexes que la Compagnie américaine des

golfe du Mexique, tandis qu'à l'ouest, on gagne la côte du Pacifique (San-Francisco, Bakersfield, Los Angeles et San-Diego).

La longueur totale des lignes exploitées est de 16 000 km. ;

c'est le Transcontinental qui offre le plus d'intérêt, tant au point de vue commercial qu'au point de vue des difficultés topographiques qu'il y avait à vaincre pour établir le réseau ; de Chicago au Pacifique, on traverse en effet six grandes chaînes ou contreforts de montagnes : Raton (2 320^m), Glorieta (2 270^m), Continental Divide (2 200^m), San-Francisco (2 220^m), San-Bernardino (1 170^m) et Tehachapi (1 210^m) (fig. 2). D'autres difficultés, que l'on a surmontées, étaient dues aux étendues de terrain improductif, au climat, à l'aridité du sol ; sur

de grands parcours, par exemple, l'eau est mauvaise ou en faible quantité, le charbon fait défaut, la main-d'œuvre est rare. Néanmoins, l'expansion commerciale exigeait ce tracé et son amélioration malgré tous les obstacles ; c'est ainsi que le Santa-Fé devait assurer, le transport

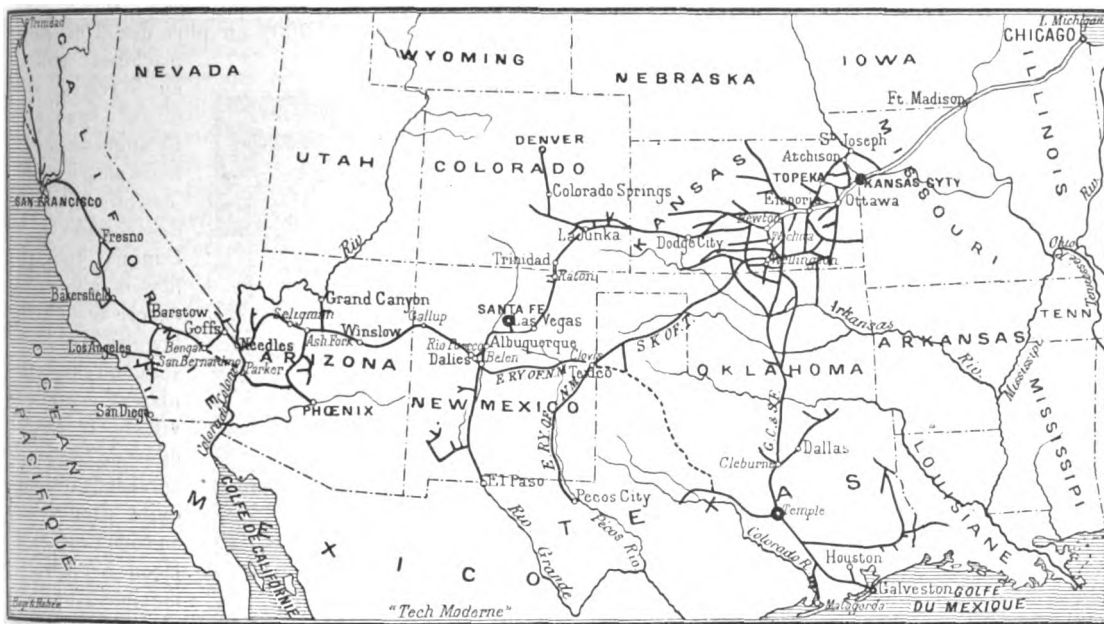


FIG. 1. — Carte du réseau de la Compagnie des chemins de fer du Santa-Fé.

chemins de fer du Santa-Fé a essayé de résoudre par une exploitation appropriée et économique. Il nous a donc paru intéressant d'étudier ces procédés d'exploitation consacrés par la pratique (1).

A la base de ces méthodes, on trouve deux grands principes : centralisation et participation aux bénéfices pour tout le personnel.

Avant d'entreprendre la description détaillée des services et d'examiner quelles sont les relations de la Compagnie avec ses employés, il est indispensable de tracer la configuration de ce réseau de chemin de fer et de donner un aperçu du trafic qui l'alimente (voir carte fig. 1).

La partie de l'Amérique que le chemin de fer du Santa Fé dessert, comprend les Etats de Missouri, du Kansas, du Colorado, du Nouveau Mexique, du Texas, d'Oklahoma ; les trois points extrêmes sont : Temple, Albuquerque et Kansas-City, distants de 1300 km. environ les uns des autres ; au delà de Kansas-City on trouve Chicago, vers le nord-est ; Temple, au sud, dans la direction du

par exemple, l'eau est mauvaise ou en faible quantité, le charbon fait défaut, la main-d'œuvre est rare. Néanmoins, l'expansion commerciale exigeait ce tracé et son amélioration malgré tous les obstacles ; c'est ainsi que le Santa-Fé devait assurer, le transport

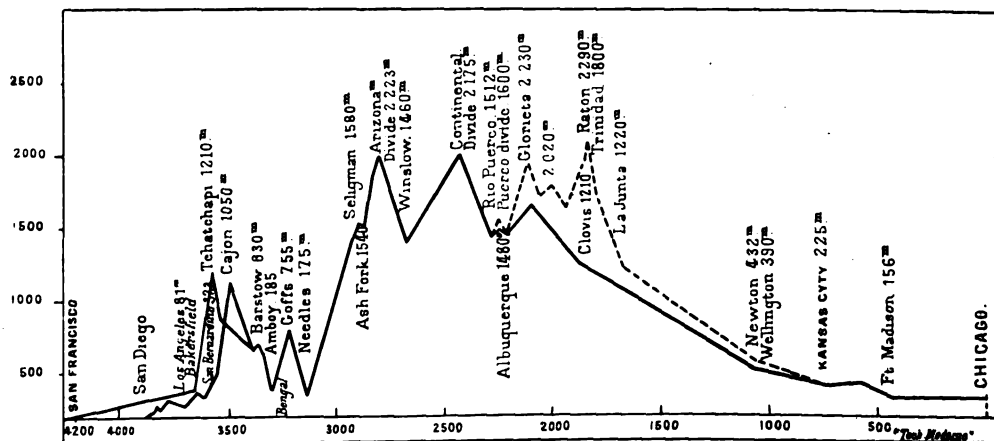


FIG. 2. — Graphique de l'altitude des principaux sommets et des pentes.

de près de 20 000 wagons de fruits par an, et, bien entendu, dans des conditions spéciales de conservation et de rapidité. Le principal effort a porté sur la voie, lors des améliorations

(1) D'après une conférence de sir Charles Buxton Goiry.

du réseau : construction de nouvelles lignes à moindre pente, réfection générale, établissement d'une double voie et révision des parties incommodes de la ligne principale, en tant que courbes ou rampes (fig. 2). Parallèlement à ces progrès, il a été pris des précautions minutieuses pour l'entretien économique de tout le matériel et le maintien intensif de la puissance de traction, ce qui est plus facile à réaliser depuis que le maximum de pente a été limité à 0,6 %. Un projet d'établissement de la traction électrique dans les régions montagneuses où, exceptionnellement, les pentes dépassent cette limite, est à l'étude.

Pour la construction de son réseau, la Compagnie de chemin de fer du Santa-Fé a exploité, pour en faire des traverses, des charpentes ou des poteaux, des bois d'eucalyptus qui avaient été plantés le long de la future ligne sur de grandes étendues. L'approvisionnement d'eau a été assuré par des convois de wagons-citernes partant du point le plus rapproché, parfois distant de plus de 100 km.; un service chimique détermine continuellement la qualité de l'eau; en outre, une centaine de stations sont pourvues de grands épurateurs (où les réactions par la chaux et la soude sont produites automatiquement), ce qui a même permis, dans quelques districts, d'alimenter en eau épurée les petites villes et les hameaux, moyennant rétribution. Les trains d'eau sont quelquefois remplacés par des canalisations, par exemple de Willard vers le Belen où les aqueducs s'étendent sur une longueur de 150 km. environ.

Une pratique, économique et rationnelle,

en usage particulièrement au Raton, consiste à profiter de la vidange des machines entrant au dépôt pour chauffer l'eau d'approvisionnement des locomotives qui sortent; on économise ainsi des calories. On envoie aussi la vapeur dans les épurateurs où elle accélère les réactions; un dispositif de canalisations et de valves permet, par ailleurs, de prendre l'eau des chaudières des locomotives et de la conserver dans un réservoir spécial; la partie la plus pure et encore très chaude sert alors au lavage de la chaudière, ce qui réduit sensiblement la quantité de liquide à dépenser et évite, en outre, qu'une réfrigération brusque contracte les parties métalliques des chaudières.

Les charbons représentent une dépense dans l'exploitation d'environ 75 millions de francs par an; les analyses en sont régulièrement faites par le service chimique qui indique leur puissance calorifique et de leur perte en poids, car ces combustibles sont susceptibles d'être conservés longtemps dans les dépôts. On a fait l'expérience comparative (au point de vue de la perte de poids) de l'emmagasinage humide et sec; on a reconnu un léger avantage en faveur du premier. Il est à remarquer qu'il y a une perte de pouvoir calorifique pour les charbons exposés en plein air pendant les mois d'été; ce fait en apparence est assez inattendu.

Dans certains districts où le charbon est peu abondant, mais où, par contre, on se procure facilement le pétrole ou les résidus de pétrole, on a employé des machines à combustible liquide,

ainsi que cela a lieu couramment pour les lignes de la côte du Pacifique; ce mode de chauffage a donné toute satisfaction en dépit des conditions très dures du service. Ces machines sont pourvues de deux injecteurs de façon à présenter une sécurité de marche absolue. Le chauffeur n'a plus à manutentionner le combustible et peut ainsi prêter une attention constante à la surveillance et au réglage des organes: les poussières et les étincelles sont supprimées, il n'y a plus de fumée, et la pression est mieux maintenue.

On signale toutefois, comme inconvénient, des fuites fréquentes des tubes près des plaques de foyer; cela tient généralement à des rentrées d'air froid, auxquelles on peut obvier par la manœuvre, en temps voulu, des registres des cendriers.

La plus grande attention a été apportée dans le choix des types de locomotives; un certain nombre sont compoundés surtout parmi celles qui sont destinées au service des trains de voyageurs (on en compte environ 700, en plus des 2 000 autres machines utilisées sur le réseau); elles sont à peu près identiques aux meilleurs modèles de locomotives-tenders des chemins de fer français, mais les bissels n'y ont pas encore remplacé les boggies. On a constaté qu'elles fournissent une grande vitesse et un bon effort de traction; la surchauffe a été introduite parallèlement au compoundage, de façon à réaliser le maximum de puissance et le minimum de dépense de combustible.

On a créé des locomotives pour les parties de la ligne en pa-

lier, et d'autres pour les fortes rampes. La puissance de ces dernières est telle qu'elles obéissent au premier signal, satisfaisant à l'axiome classique: une locomotive enlèvera son train si elle peut démarrer. Quelques précautions spéciales y ont été prises, en prévision des chocs et du télescopage.

Quant aux wagons, ils ont une capacité réduite, en raison des inclinaisons rencontrées; il pourrait y avoir, en effet, disproportion entre le poids utile et la sécurité. Une partie importante du matériel roulant est composée de wagons réfrigérés, destinés au transport des denrées périssables par le Transcontinental. D'autre part, une grande installation frigorifique est sur le point de fonctionner à San Bernardino pour améliorer les conditions de magasinage et de transport. Enfin, eu égard aux difficultés et à la longueur du réseau, on a pris soin d'installer, même dans les petites stations, des hôtels qui rendent de réels services dans les régions désertes que l'on traverse; aussi, seuls, les grands express comportent un wagon-restaurant.

DE L'ORGANISATION SYSTÉMATIQUE DES MAGASINS ET ATELIERS. — Conformément au principe qui anime le Santa-Fé, tout est centralisé à Topeka: l'administration, le matériel, les combustibles, les graisses, les machines ou les organes de machine, les magasins, etc. On a reconnu toutefois qu'en pratique (à cause du déve-

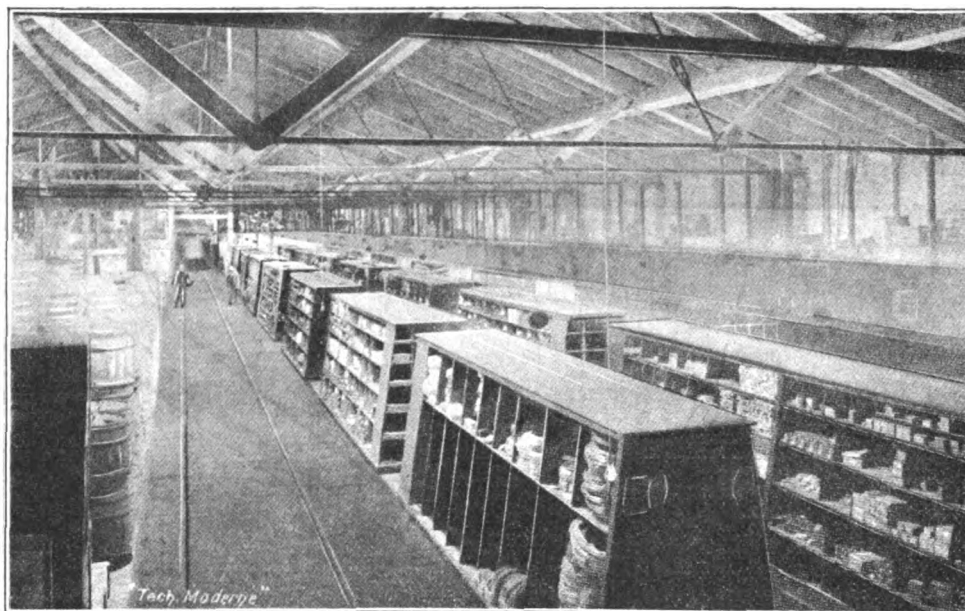


FIG. 3. — Classement méthodique des pièces en magasin (1).

(1) D'après "The Engineering Magazine".

loppement de la ligne), il devenait indispensable de créer, à San-Bernardino, un second établissement de fabrication réservé spécialement aux districts de la Côte Pacifique.

Le fonctionnement de l'atelier de Topeka est intéressant à examiner dans ses détails, car ce n'est pas seulement un atelier de fabrication ou de réparations soumis à des contrôles rigoureux, mais une administration où toute paperasserie inutile est supprimée; chaque service conserve une certaine autonomie et se perfectionne au mieux de l'intérêt général; il représente à tour de rôle l'élément vendeur et l'élément acheteur dans ses rapports avec les autres départements. Il faut ajouter que ces différents services enregistrent également les divers stocks répartis sur le réseau: matériaux, combustibles, etc. Bien entendu, cet Office des magasins n'est pas responsable de l'emploi ou de la consommation des approvisionnements, mais, il constitue un auxiliaire précieux pour le Service des travaux ou des machines, en prévenant les abus, en empêchant les dilapidations et en prévoyant les insuffisances de matériel.

On compte environ trente magasins ou sous-magasins de districts; il y a de 15 000 à 20 000 articles types à enregistrer, à contrôler et à transporter, souvent en des points très éloignés. La surveillance et la manutention d'un pareil stock, a rendu nécessaire l'établissement d'une classification précise, qui se répète, mais à plus petite échelle, aux points secondaires et à laquelle tous les registres⁽¹⁾, demandes et comptes, doivent se référer; la centralisation permet ainsi une comparaison rapide entre la consommation et les demandes, et l'on peut, par suite, approvisionner immédiatement tout stock insuffisant en empruntant

les matériaux aux magasins où ils se trouvent en excès ou sans utilisation. Les fournitures légères ou de quelque valeur occupent des casiers en bois à double façade, de largeur et de hauteur uniformes et de longueur variable (fig. 3); la dimension des divisions de ces casiers, qui sont plus larges à la base qu'au faite, est en rapport avec les articles emmagasinés dans chaque compartiment: ces râteliers sont généralement à l'intérieur des bâtiments, tandis que le matériel plus lourd ou plus encombrant (fontes, cylindres, tiges, pistons, etc.), sont systématiquement déposés sur de grandes plates-formes extérieures, suivant les types des machines; une couche de peinture ou de graisse protège les parties susceptibles de se rouiller. La plupart du temps les huiles, les combustibles liquides, les peintures, les vernis, etc., sont logés dans un bâtiment isolé et bien éclairé, dont le plancher est surélevé à la hauteur du plancher des wagons.

Cette disposition longitudinale des coffres et des rayons permet au garde-magasin d'exercer sa surveillance de son bureau situé à l'extrémité du dépôt. Aucun article ne doit demeurer dans l'intervalle des alignements où circulent des wagons ou des chariots.

Toute la comptabilité est tenue dans des registres types.

Un triage consciencieux fait connaître ce qui peut servir à nouveau après réparation: boulons, clavettes, brimballes, aussi bien que mitrailles et tournures; l'économie qui en est résultée, s'est élevée pour le cuivre seulement, jusqu'à 81 % de ce qu'aurait été la dépense autrement; les matières retournées, de ce fait, au stock général, représentent une proportion de 6 à 7 % du montant du matériel neuf.

(A suivre.)

G. F.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

LES APPLICATIONS RÉCENTES DES CONDENSATEURS INDUSTRIELS

Parmi les nombreux et intéressants problèmes que soulèvent fréquemment les applications variées de l'électricité industrielle, et qui, depuis quelques années, ont attiré à des titres divers, l'attention des techniciens, ingénieurs et constructeurs, on peut considérer que les condensateurs industriels, par leurs nombreuses applications, possibles sinon complètement réalisées à l'heure actuelle, se placent au premier rang. La protection des lignes électriques contre les surtensions, le relèvement du facteur de puissance des réseaux à courants alternatifs, des questions plus spéciales, telles que la production des ondes hertziennes en télégraphie sans fil, les rayons X, le démarrage des moteurs synchrones monophasés en asynchrones diphasés, etc., sont les principaux champs d'action où s'est exercée, souvent avec succès et au point de vue spécial qui nous occupe, l'activité des chercheurs.

Les résultats obtenus étant très différents suivant l'application que l'on considère, nous nous proposons d'examiner, dans les différents cas intéressants en pratique, le principe de l'emploi des condensateurs et les résultats effectifs que l'on a obtenus jusqu'à présent. Il reste entendu, d'ailleurs, que nous n'avons nullement la prétention de faire ici un exposé complet de cette question et de passer en revue tout ce qui a été tenté, essayé en fait de condensateurs industriels, mais simplement de donner un aperçu sur ce que l'on a fait de mieux jusqu'à nos jours et sur l'avenir qui paraît réservé à cette catégorie d'appareils.

PROTECTION DES RÉSEAUX A HAUTE TENSION CONTRE LES SURTENSIONS.

L'extension de plus en plus considérable des distributions d'énergie électrique par courants alternatifs à haute tension a conduit les techniciens à imaginer de nombreux types d'appareils destinés à protéger les installations électriques contre les surtensions. Ces surtensions, comme le savent bien tous les exploitants de réseaux à haute tension, peuvent être produites soit par des phénomènes atmosphériques, soit par des perturbations dans le fonctionnement des appareils du réseau, interrupteurs ou autres. Les accidents les plus graves et les plus fréquents sont occasionnés par l'électricité atmosphérique et peuvent se produire de différentes façons: par suite d'un coup de foudre direct à la terre, par induction quand une décharge atmosphérique se produit au voisinage des lignes, par l'effet d'une charge statique provenant du contact des fils avec des

⁽¹⁾ Énumération des divisions types: A, quincaillerie, garnitures de wagons, etc.; B, lampisterie, emballages, etc.; C, boulons, rivets, etc.; D, tuyaux, valves, services d'eau; E, freins à air; F, laitons, coussinets, injecteurs, lubrificateurs, etc.; G, huiles, peintures, acides, etc.; H, barres fer et acier, métaux en feuille, etc.; I, roues, essieux, ressorts, métaux forgés, etc.; J, matériaux de la voie; K, aciers (type Santa-Fé), etc.; L, fonte malléable (type Santa-Fé); M, charpentes, fermes, caisses, fontes diverses, etc.; N, fontes brutes; O, outils d'atelier, etc.; P, marchandises sèches: équipement, contrôles, cordages, etc.; Q, matériel électrique; R, matériel des signaux; S, matériel télégraphique; T, rebuts de mécanismes, etc.; U, rails neufs en acier; V, vieux rails; W, traverses neuves; X, glace, réfrigération; Z, rebuts de toute sorte.

nuages chargés, ou même simplement avec l'air, la neige et les poussières en suspension dans l'atmosphère. Une simple différence de niveau entre deux points de la ligne, le phénomène bien connu de résonance, une simple variation d'intensité ou de voltage, l'interruption brusque du courant dans une sous-station, peuvent également donner lieu à des surtensions élevées et dangereuses.

Les courants produits par un coup de foudre direct ou par induction sont alternatifs, à très haut voltage et fréquence énorme (400 000 à 500 000 périodes par seconde environ); on doit les écouler à la terre, mais en employant des appareils choisis de façon que le courant de ligne normal ne puisse les traverser. Hâtons-nous d'ailleurs de reconnaître que contre le coup de foudre direct, accident heureusement fort rare, il n'existe actuellement aucune protection efficace.

Les charges statiques prises par les lignes, par influence ou par contact avec des nuages chargés, doivent être écoulées à la terre sous forme de courant continu. Elles sont très fréquentes et se produisent souvent sans orage, par temps clair et chaud, pendant les mois de juillet et août, surtout vers le coucher du soleil. Si nous en croyons une statistique récente faite en Suisse, la moitié des accidents arrivés sur les réseaux à haute tension seraient dus aux charges statiques.

Quant aux surtensions dues au fonctionnement même du réseau, elles sont beaucoup moins élevées et leur fréquence est de l'ordre de celle du courant normal.

Le mode de protection le plus couramment employé contre ces diverses surtensions consiste à monter sur la ligne à protéger, au départ, à l'arrivée, aux diverses sous-stations, aux points de jonction des lignes aériennes et des câbles souterrains, des batteries de parafoudres entre chacun des fils et le sol. Nous croyons inutile de rappeler ici le principe bien connu des parafoudres; nous nous contenterons seulement de signaler que l'on emploie les parafoudres à cornes, avec résistances liquides ou autres, contre les coups de foudre directs; les parafoudres à rouleaux plus sensibles contre les surélévations de tension dues aux charges statiques ou aux phénomènes d'induction; enfin les parafoudres à jet d'eau, plus récents mais très répandus depuis deux ans, contre les effets nocifs dus au fonctionnement même du réseau, résonance, interruption du courant, variations brusques de charge; les appareils précédents seraient en effet complètement inefficaces dans ces derniers cas, la fréquence et la pulsation des courants produits étant très peu différentes de celles du courant normal.

Toutefois, quelques réserves s'imposent sur l'emploi de ces différents appareils. La protection d'un réseau à l'aide des parafoudres peut être considérée comme assez efficace (sauf peut-être contre les coups de foudre directs), mais leur fonctionnement ne va pas sans quelques inconvénients: c'est ainsi que les parafoudres à cornes sont très difficilement réglables au-dessous de 5 mm. (car on risquerait un fonctionnement intempestif avec une distance plus réduite), qu'ils peuvent produire des phénomènes de résonance sur les lignes (ils fonctionnent en effet à la façon d'un éclateur). De plus, la résistance élevée qu'on est obligé de leur adjoindre⁽¹⁾ limite l'intensité du courant de terre, et prolonge par suite la durée d'écoulement de la charge dangereuse.

Les quelques réserves que nous venons de faire relativement à l'efficacité des parafoudres ont conduit les chercheurs à essayer d'arriver à un résultat comparable, sinon meilleur, en employant les condensateurs comme appareils de protection. La décharge qu'il faut écouler à la terre étant (sauf dans le cas des charges statiques) de périodicité très élevée, il s'agit de la faire passer au sol, sans toutefois permettre le passage du courant à basse fréquence du réseau.

Sans entrer dans des détails techniques, bien connus d'ailleurs de tous les électriciens, rappelons qu'un condensateur monté sur un réseau à courants alternatifs n'interrompt nullement le courant, et que le débit est même d'autant plus considérable que la tension existant entre les deux armatures et la fréquence sont plus grandes.

Une batterie de condensateurs qui, sous l'influence de la tension normale d'un réseau à 50 périodes, laisserait écouler à la terre un courant de 0,01 ampère, laissera passer 100 ampères si la fréquence est 500 000 périodes par seconde. Les décharges atmosphériques ayant des périodicités de cet ordre, le débit pourra être suffisant dès que la tension dépassera de peu la normale. On voit donc que, si l'on installe dans une centrale ou dans une sous-station une batterie de condensateurs entre les fils de ligne et le sol, on crée une mise à la terre permanente pour les courants de haute fréquence, alors que la perte de courant normal peut être rendue négligeable: c'est là le principe de l'emploi des condensateurs pour la protection des lignes.

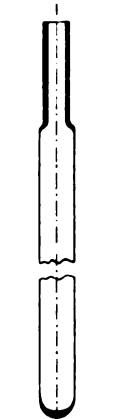
Toutefois, le problème, d'une simplicité élémentaire en théorie, n'a pu être résolu pratiquement et d'une façon satisfaisante, au moins pour les basses et moyennes tensions, que depuis peu. Il s'agissait, en effet, de réaliser un condensateur capable de résister aux tensions élevées, et jusqu'à ces dernières années les nombreux essais tentés par les constructeurs n'avaient pas donné de résultats vraiment pratiques. Les condensateurs construits par les différentes maisons présentaient en effet un certain nombre de défauts: résistance à la rupture du diélectrique trop faible, refroidissement insuffisant, insuffisance du contact des armatures avec le diélectrique sur toute son étendue, désagrégation rapide des diélectriques employés, toile, papier, etc.

Depuis quelques années, on peut cependant considérer qu'un grand progrès a été fait, et que plusieurs types de condensateurs répondent assez bien aux conditions exigées, au moins pour les moyennes tensions. Nous voulons parler des condensateurs Moscicki, construits par la Société générale des condensateurs à Fribourg (Suisse), et des condensateurs au papier, construits par la Société française des câbles électriques Berthoud, Borel et C^{ie}, à Lyon. Ces appareils paraissent donner, surtout depuis un ou deux ans, d'assez bons résultats.

On avait remarqué que, dans les divers types de condensateurs industriels essayés, la rupture se produisait toujours au bord des plaques⁽¹⁾, et que la présence de tout corps étranger entre les armatures et le diélectrique facilitait la rupture de l'appareil.

Dans le but de parer à ces divers inconvénients, M. Moscicki a constitué ses condensateurs, dont nous donnerons d'abord une description succincte, par des tubes de verre dont le col a une épaisseur trois ou quatre fois plus forte que le reste du tube.

Ce tube (fig. 1) est revêtu à l'intérieur et à l'extérieur d'une couche mince d'argent, recouverte elle-même d'un cuivrage beaucoup plus épais qui lui donne la résistance voulue. Le bord de l'armature extérieure, qui forme la partie dangereuse, est renforcé, et on obtient ainsi des éléments dont la résistance à la tension est déterminée par l'épaisseur du col, alors que leur capacité est déterminée par l'épaisseur de la partie la plus mince. On évite de cette façon les deux inconvénients principaux que nous avons signalés



"Tech. Moderne"
FIG. 1.
Tube de verre
d'un
condensateur
Moscicki.

(1) La résistance à adopter varié, suivant la tension normale de l'installation, entre 1 500 et 40 000 ohms.

(1) Des expériences précises ont même démontré qu'une lame de verre de 0,5 mm. d'épaisseur peut supporter, dans sa partie médiane, des tensions allant jusqu'à 67 000 volts, alors que les parties avoisinant les bords des armatures sont perforées dès que la tension atteint 12 000 volts.

précédemment : insuffisance de la résistance du diélectrique sur les bords et médiocre adhérence des armatures. Chaque tube ainsi constitué est muni de deux contacts : un contact supérieur C, relié à l'armature intérieure, et un contact inférieur C', relié à l'armature extérieure (fig. 2). Le col des tubes est scellé dans un isolateur I en porcelaine à cannelures, qui assure l'isolement des deux armatures. Ce tube de verre est ensuite placé dans un tube en laiton ou en tôle, dont la fermeture est assurée par une capsule circulaire munie d'une rondelle intérieure de caoutchouc.

L'armature extérieure est reliée électriquement au tube par le contact inférieur C'. La partie annulaire comprise entre les deux tubes est remplie d'un mélange d'eau et de glycérine, qui a pour but de répartir également la chaleur dans toute la masse et d'éviter les échauffements locaux qui pourraient amener la rupture de l'élément. Les éléments ainsi constitués peuvent être utilisés directement pour des tensions atteignant 10 000 et 12 000 volts. Au delà, il est nécessaire d'en mettre plusieurs en série.

Les condensateurs de la maison Berthoud, Borel et C^{ie} sont constitués par des feuilles de clinquant enroulées et séparées les unes des autres par un isolant au papier imprégné. L'appareil forme ainsi un rouleau que l'on enferme dans une cuve métallique. Les feuilles de rang pair sont réunies entre elles et à la cuve, qui constitue l'une des armatures du condensateur ; les feuilles de rang impair sont de mêmes réunies entre elles et à une tige de laiton traversant le couvercle à travers un tube isolant et constituant la deuxième armature. On remarquera que la maison Berthoud, Borel et C^{ie} a conservé les condensateurs au papier abandonnés par la Société des condensateurs de Fribourg. Il y a à cela plusieurs explications ; nous ne retiendrons que les principales : le papier employé est le même que celui dont on se sert pour l'isolement des câbles souterrains. Ces câbles ont fait leurs preuves : on peut donc compter que les condensateurs au papier donneront pareille satisfaction. En outre, l'encombrement et le poids sont moindres pour une même capacité et un même voltage, et, avantages très appréciables, les appareils au papier sont plus robustes et d'un prix moindre.

Lors des premières applications des condensateurs à la pro-

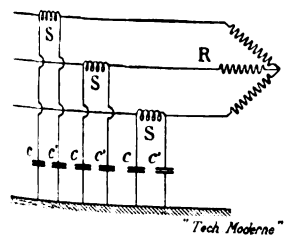


Fig. 3. — Protection d'un réseau à l'aide de condensateurs. (Montage primitif.)

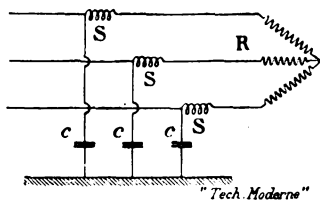


Fig. 4. — Montage simplifié pour la protection d'un réseau.

tection des réseaux, on adoptait le montage schématiquement représenté par la figure 3, qui correspond au cas d'un réseau à courants alternatifs triphasés. L'appareil ou l'installation à protéger étant en R, on montait des bobines de self-induction S, S, S, en série sur les fils de ligne, et des condensateurs C, C, C (ou des batteries de condensateurs suivant la tension en jeu) en dérivation entre les fils et le sol. La ligne recevant, par induction ou par coup de foudre, une décharge atmosphérique à haute fréquence, celle-ci s'écoulait à la terre par les condensateurs C, C, C, car elle ne pouvait que difficilement traverser les bobines de self S, S, S. Au cas d'ailleurs où

une faible partie de la charge les aurait traversées, cette charge se serait écoulée au sol par les condensateurs C'C'C' sans pouvoir atteindre les appareils à protéger R. Dans les installations de peu d'importance, on se contentait même de monter sur chaque fil une simple batterie et une bobine de self-induction (fig. 4).

Ces deux dispositifs avaient le grave inconvénient de n'être d'aucune efficacité contre les charges statiques à haute tension qui, s'écoulant sous forme de courant continu, étaient arrêtées net par les condensateurs. Aussi a-t-on essayé de remédier à ce défaut en montant, en dérivation entre chacun des fils de ligne et le sol, des bobines de self-induction (1). La protection d'un réseau, réalisée d'après ces idées, peut donc se représenter par le schéma de la figure 5 : les bobines de self-induction Σ laissent passer sans difficultés le courant continu dangereux provenant des charges statiques, mais sont suffisantes pour arrêter le courant alternatif normal.

Ce système ne donnant pas complètement satisfaction, on a essayé un montage mixte comportant un éclateur et une batterie de condensateurs montés en parallèle (fig. 6) : les boules B, reliées à la terre par l'intermédiaire des résistances R, sont au potentiel du sol. On règle leur écartement de façon que l'arc jaillisse entre elles dès que le voltage dépasse légèrement celui du réseau. Par suite, dès qu'une surtension se produit, le courant de surtension est converti par résonnance dans le circuit formé par les éclateurs et les condensateurs, et la charge à très haute fréquence, 400 000 à 500 000 périodes par seconde, s'écoule directement au sol. Si la surtension est provoquée par une charge statique, elle passe à la terre, par l'éclateur, entre les boules duquel un arc s'amorce comme dans un parafoudre ordinaire.

Dans le cas des installations ou sous-stations importantes, on a proposé le montage de la figure 7, qui a été suggéré par ce fait que l'écoulement des courants de surtension croît proportionnellement à la capacité placée du côté de la résistance. Ce dispositif permet de réduire au minimum le nombre d'éléments nécessaires, tout en laissant à chacun son éclateur distinct, ce qui permet à l'arc de se produire et de s'éteindre pour une faible

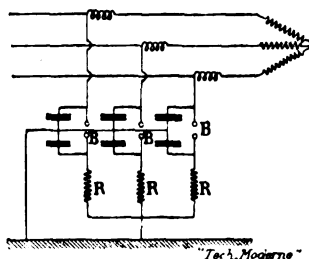


Fig. 6. — Montage d'éclateurs et de condensateurs en parallèle pour la protection d'un réseau.

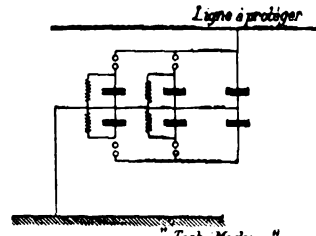


Fig. 7. — Modification du montage précédent (fig. 6).

variation de tension. Ce système de protection paraît supérieur au précédent, car l'étincelle se produit entre les boules, et la charge dangereuse s'écoule au sol d'une façon ou de l'autre, dès qu'il y a surélévation de tension, que celle-ci soit due à une décharge atmosphérique, à un phénomène d'induction ou à une charge statique.

Signalons en passant qu'il n'est nullement besoin d'un soufflage d'arc, comme dans les parafoudres à cornes, car l'étincelle

(1) C'est le cas pour la Société des condensateurs électriques de Fribourg.

qui se produit est à haute fréquence, et peut subsister pendant une durée quelconque, comme cela se produit dans les appareils électro-médicaux. Dès que la surtension se produit, l'arc jaillit, pour s'éteindre dès que la charge dangereuse a disparu.

Cependant, ce dispositif ne semble pas non plus avoir donné toute satisfaction, car la Société des condensateurs de Fribourg, en particulier, qui l'avait expérimenté, est revenue depuis peu à l'emploi des bobines de self contre les charges statiques,

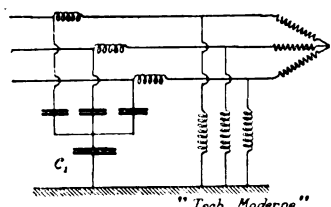


FIG. 8. — Protection d'un réseau à haute tension. (Montage actuel.)

c'est-à-dire au montage général indiqué par la figure 5, auquel on paraît vouloir s'en tenir définitivement.

Dans le cas des tensions supérieures à 20 000 volts, on emploiera, de préférence, le montage de la figure 8, où la batterie C_1 doit avoir une capacité double de celles des batteries connectées directement aux fils de ligne.

La capacité statique des machines génératrices ou des transformateurs à protéger ne dépassant généralement pas quelques millièmes de microfarad, il suffit d'installer une batterie dont la capacité varie entre $\frac{5}{100}$ et $\frac{1}{10}$ de microfarad. Si nous en croyons M. Giles, membre de la Commission suisse des surtensions, il ne serait même pas nécessaire que la capacité employée fût supérieure à celle de la ligne ou des appareils à protéger. Il suffirait simplement, d'après lui, de choisir une capacité plus grande que celle de la portion de ligne à protéger correspondant à une demi-période de l'onde à haute fréquence. Il est difficile, nous semble-t-il, de justifier complètement cette manière de voir, car le mécanisme des surtensions et du mode de propagation des ondes à haute fréquence ne nous paraît pas suffisamment connu

pour permettre des conclusions aussi catégoriques. Aussi, nous en tiendrons-nous à la proportion relative que nous indiquons plus haut. Quant à l'efficacité de ce mode de protection, elle ne paraît en aucune façon supérieure à celle des parafoudres ordinaires à rouleaux, et surtout à jet d'eau. D'ailleurs, l'obligation où l'on se trouve d'adjoindre aux condensateurs des appareils auxiliaires, bobines de self-induction ou autres, destinés à protéger les réseaux contre les charges statiques, contre lesquelles les condensateurs sont totalement inefficaces, nous semble devoir limiter leur emploi comme parafoudres, d'autant que l'utilisation simultanée des condensateurs et des bobines de self n'est pas possible sur les réseaux à courant continu, à cause de la perte à la terre constante qui se produirait par les bobines.

Cependant, nous devons reconnaître qu'à l'heure actuelle, les constructeurs, et en particulier les deux Sociétés dont nous avons parlé, sont parvenus à réaliser des condensateurs industriels capables de fonctionner dans d'assez bonnes conditions comme parafoudres, et que leur emploi commence à se répandre, au moins dans les installations à courants alternatifs dont la tension de fonctionnement ne dépasse pas 18 000 à 20 000 volts (*).

Parviendront-ils à concurrencer sérieusement les parafoudres?... à les remplacer?... C'est très improbable, car indépendamment des claquages qui sont toujours à craindre dans le cas des très hautes tensions, le prix relativement élevé des batteries de condensateurs est un obstacle sérieux à leur développement, surtout, nous semble-t-il, depuis l'adoption récente des parafoudres à jet d'eau, qui sont d'un prix très abordable, d'une installation facile, et qui ont fait leurs preuves dans des installations à haute tension.

(A suivre.)

G. FERROUX,

Ingenieur électricien,
Professeur à l'Institut électrotechnique
de l'Université de Grenoble.

FILATURE ET TISSAGE

DÉTERMINATION DES DENSITÉS ET DIAMÈTRES DES MATIÈRES TEXTILES À L'ÉTAT DE FILS SIMPLES

La connaissance des densités et des diamètres des divers textiles à l'état de fils offre un réel intérêt; jusqu'ici, aucune détermination, semble-t-il, n'a été faite à ce sujet, si ce n'est pour la soie qui se présente naturellement à l'état de fils. Les recherches auxquelles il a été procédé ont porté sur les textiles à l'état de *fibres élémentaires*; nous ne pouvons mieux faire, à cet égard, que de citer quelques extraits de l'ouvrage intéressant de Persoz sur l'*Essai des matières textiles* :

« Depuis longtemps, les chimistes ont déterminé la densité des textiles végétaux, ou, plus exactement, de la cellulose qu'on en retire; ils ont reconnu que celle-ci est voisine de 1,5.

« D'autre part, ils ont opéré sur des fibres animales, laine, poils, soies diverses, etc.; ils ont obtenu un chiffre moyen de 1,3, un peu inférieur au précédent. Cette densité a été contestée formellement, en ce qui concerne la soie, par M. Léo Vignon.

« Rappelons que Babinet détermina jadis la densité du mord à pêche ou crin de Florence; il obtint une valeur de 1,367.

« Vers 1876, Persoz opéra sur de la soie proprement dite, un organsin de France décreusé; il eut recours à la méthode de la balance hydrostatique avec de l'eau distillée; dans

ces conditions si précises, il trouva le chiffre de 1,357.

« En 1891, M. Léo Vignon utilisa l'appareil de Bianchi, avec de la benzine et dans le vide, afin de trouver la densité absolue de la soie décreusée; après de nombreux essais, il s'arrêta au chiffre de 1,34. »

Quoi qu'il en soit, il importait de fixer les densités et les diamètres des fils des divers textiles; ces fils représentent en effet la dernière étape de la fabrication, la forme finie et parfaitement déterminée aux points de vue industriel et commercial. Rappelons que la connaissance des diamètres permettrait de ramener la résistance des fils à une unité ou commune mesure, nous voulons dire au millimètre carré de section. En outre, relativement à la confection des étoffes, le compte en chaîne et en trame se verrait assigner des limites parfaitement définies et fonctions des fils employés; la confrontation des densités éluciderait enfin la question de légèreté des étoffes par unité de surface.

(1) Nous pouvons citer entre autres : l'Usine de la Dernier (Suisse), appartenant à la Compagnie Vaudoise des forces motrices du Lac de Joux et de l'Orbe, celle d'Hauterive (Suisse), la sous-station du Locle (Suisse) qui sont munies de condensateurs Moscicki.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Avant de poursuivre cette étude, il convient de montrer sous quelle forme se présente le problème à résoudre; c'est ce que nous allons faire tout d'abord.

Rappelons les relations générales unissant les divers éléments des fils.

Désignons par :

N, N' , les numéros des fils ramenés à une même base;

d, d' , les diamètres correspondants de ces fils;

S, S' , les sections résultantes;

δ, δ' , les densités de deux fils considérés.

On a :

$$(1) \quad \frac{N}{N'} = \frac{S'}{S} = \frac{d'^2}{d^2}.$$

Pour un même textile, les numéros sont donc inversement proportionnels aux carrés des diamètres correspondants.

Considérons maintenant deux fils de même numéro N , mais de nature différente, leurs densités respectives étant δ, δ' .

Nous aurons la relation :

$$SN\delta = S'N'\delta'.$$

D'où nous tirons :

$$(2) \quad \frac{S}{S'} = \frac{\delta'}{\delta} = \frac{d'^2}{d^2}.$$

Ce qui montre que pour deux fils de nature différente et de même numéro, les densités sont en raison inverse du carré de leurs diamètres respectifs.

Enfin, si nous examinons un fil déterminé, nous noterons ses caractéristiques; soient :

N , son numéro en base métrique ;

l , la longueur contenue dans la base de poids P .

Nous écrivons :

$$l = N \times 1\,000,$$

l , étant exprimé en mètres.

Soit encore d , le diamètre de ce fil;

S , sa section, de valeur

$$S = \frac{\pi d^2}{4};$$

V , le volume de fil contenu dans la base de poids P .

Nous posons :

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times l.$$

Soit enfin δ , la densité du fil considéré.

Nous aurons la relation, le fil étant assimilé à un cylindre :

$$S \times l \times \delta = P \quad \text{ou} \quad V\delta = P.$$

D'où nous tirons directement :

$$(3) \quad \delta = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4} \times l}.$$

Si dans cette formule nous avons adopté comme unités le gramme et le centimètre, nous déduirons *ipso facto* la densité cherchée.

La densité d'un fil est égale au quotient du poids de base porté en grammes, par le produit de sa section comptée en centimètres carrés par sa longueur exprimée en centimètres.

De tout ce qui précède, il ressort que le problème présente deux inconnues : la densité et le diamètre ; on peut donc se

proposer de déterminer l'un ou l'autre de ces éléments, en sorte qu'il y a deux méthodes en présence.

L'une résulte de la formule précédente (3) :

$$(3) \quad \delta = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4} l}.$$

L'autre découle de la relation :

$$(4) \quad d = \sqrt{\frac{4P}{\pi\delta}}.$$

I. — Détermination de la densité des corps solides par les méthodes physiques.

Comme on sait, diverses méthodes permettent de réaliser cette détermination; nous allons les résumer brièvement :

1° PROCÉDÉ DU FLACON.

Le flacon employé est surmonté d'un bouchon creux ajusté à l'émeri se prolongeant par un tube étroit muni d'un repère.

L'expérience est conduite comme suit :

1° A la température t , on remplit d'eau, jusqu'au repère, le flacon; on le place sur le plateau d'une balance et on dispose le corps près de lui; on fait la tare du tout;

2° On enlève le corps et on le remplace par des poids marqués

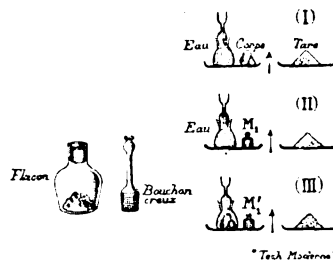


FIG. 1. — Procédé du flacon.

M_1 jusqu'à retrouver la même position d'équilibre du fléau;

3° On débouche le flacon, on y introduit le corps et, après avoir ramené à la température t l'affleurement du niveau au repère, on reporte le flacon sur la balance; il faut, pour rétablir l'équilibre, mettre près de lui des poids M'_1 qui représentent ainsi, à la poussée de l'air près, le poids d'un volume d'eau égal à celui du corps.

En se contentant d'une approximation de $\frac{1}{200}$, on peut poser en appliquant δ la densité cherchée, rapportée à l'eau :

$$\delta = \frac{M_1}{M'_1}.$$

Pour être certain du résultat, il faut que le niveau de l'eau soit exactement le même dans les deux expériences; si l'on applique ce procédé à la détermination de la densité des fils, il semble indispensable de placer le flacon sous le récipient de la machine

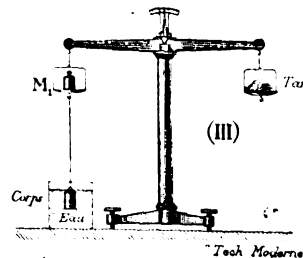
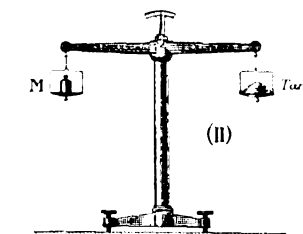
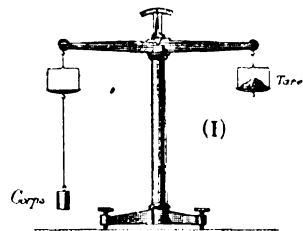


FIG. 2. — Procédé de la balance hydrostatique.

pneumatique quand on y a introduit ceux-ci, puis de faire le vide; on chassera ainsi les bulles d'air accrochées aux fils et qui altéreraient le volume réel du corps. La figure 1. montre les phases successives de cette détermination par le procédé du flacon.

2° PROCÉDÉ DE LA BALANCE HYDROSTATIQUE.

On procède dans ce cas de la manière suivante :

1° On accroche le corps par un fil très fin au-dessous du plateau de la balance hydrostatique et on le tare;

2° On enlève le corps et on rétablit l'équilibre avec des poids marqués M ; ceux-ci indiquent ainsi le poids du corps;

3° On enlève ces poids et on attache à nouveau le corps au-dessous du plateau de gauche; mais cette fois, on immerge ledit corps dans un vase rempli d'eau. L'équilibre se trouve rompu et il faut, pour contrebalancer la poussée, disposer dans ce plateau auquel est suspendu le corps, un poids M_1 ; celui-ci représente le poids de l'eau déplacée.

On posera dans ce cas :

$$\delta = \frac{M}{M_1}.$$

La figure 2 montre les phases successives pour la conduite de cette opération.

Il est encore nécessaire, dans l'emploi de ce procédé, de supprimer les bulles d'air qui resteraient adhérentes aux fils après leur immersion; le vase contenant l'eau devra donc être placé sous la cloche de la machine pneumatique.

Enfin, dans les deux procédés qui précèdent, l'eau peut altérer plus ou moins les fils; ceux-ci peuvent gonfler et augmenter de

volume sous cette action; certaines matières peuvent se dissoudre, dans le cas de fils de lin par exemple, etc. Aussi semble-t-il préférable d'utiliser un liquide neutre de densité connue; on réduira ainsi ces chances d'erreur. On aura intérêt à employer un liquide peu dense, étant donnée la faible densité que présentent les fils.

Si l'on appelle :

M , le poids du corps;

M_1 , le poids d'un égal volume du liquide déplacé;

δ , la densité du corps que l'on se propose de déterminer;

δ' , la densité du liquide rapportée à celle de l'eau,

on aura :

$$\delta = \frac{M \times \delta'}{M_1}.$$

Ajoutons enfin que la capillarité, l'absorption énergétique de certaines fibres, entre également en ligne de compte; le coton, par exemple, provoquerait de ce fait de grandes chances d'erreur qu'il y aurait lieu d'écarter.

3° EMPLOI DE L'ARÉOMÈTRE A VOLUME CONSTANT.

Nous ne citons que pour mémoire l'aréomètre de Nicholson, dont la précision serait très insuffisante dans le cas actuel; en outre, toutes les chances d'erreur signalées s'y retrouvent et les lectures faites ne sauraient avoir la justesse que donne la balance.

Il serait à désirer que cette détermination directe de la densité des fils soit effectuée à l'aide de la balance hydrostatique; comme nous l'avons rappelé au début, la soie seule a été étudiée dans ces conditions.

(A suivre.)

James DANTZER,

Professeur suppléant au Conservatoire national des Arts et Métiers de Paris.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

FONCTIONNEMENT INTERNE DES GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

Les industriels qui ont à faire un choix pour une installation nouvelle, parmi les nombreux types de générateurs existants, ne se préoccupent guère, en général, du fonctionnement théorique des appareils qu'on leur présente. Ils sont souvent assez disposés à considérer que la forme importe peu et, sauf dans des cas particuliers où l'emplacement disponible décide presque nécessairement du type employé, ils ne cherchent à apprécier exactement que l'économie en service, la facilité de conduite et la sécurité, et bien souvent c'est le prix d'achat, dépense immédiate à faire, qui décide de leur choix.

Il ne faut pas confondre la facilité de conduite avec la tranquillité du chauffeur, ni apprécier cette facilité de conduite au volume du réservoir d'eau, qui mesure l'aptitude à tenir la pression stable, sans tenir compte, par exemple, de la commodité des nettoyages, question primordiale pour la facilité de conduite économique de la chaudière.

Pour l'économie en service, on se contente de demander une garantie au constructeur. Cette garantie est exprimée par des chiffres qui s'obtiennent toujours facilement parce que les essais sont faits sous la surveillance du constructeur lui-même, parfois avec un personnel spécial, et dans des conditions excellentes qu'on ne retrouve pas en service. On ne se rend pas assez compte que cette économie en service dont on peut se faire une idée *a priori*, qui dépend beaucoup du chauffeur et des proportions du foyer, dépend aussi du système même de générateur et de sa

conception au point de vue de la circulation et des nettoyages intérieur et extérieur.

Pour la sécurité enfin, on s'assure, et on compte sur la surveillance des associations spéciales, comme si tous les types de chaudières étaient équivalents, et sans se souvenir qu'il y eut, à ce point de vue, des marques particulièrement malheureuses, dont les dispositions permettaient de prévoir l'insuccès.

Il semble que les industriels les moins versés dans la question pourraient cependant faire une enquête plus approfondie, certaines qualités comme la « liberté » des dilatations, le degré de sécurité de quelques joints étant faciles à apprécier.

Mais il en est de même du fonctionnement interne, dont dépendent la régularité et la sûreté de marche, le rendement, la résistance aux coups de feu, la production de vapeur sèche, l'élasticité, etc. Ce fonctionnement est aujourd'hui assez bien connu pour être jugé sur le plan des appareils. La circulation de l'eau, en particulier, se fait suivant des lois maintenant bien établies, et qui ont été mises en lumière au cours des vives discussions soulevées par la question il y a une dizaine d'années. Cette théorie, qui s'est encore peu répandue dans l'enseignement, est pourtant d'un grand intérêt pour l'industriel qui utilise la vapeur, et surtout pour celui qui crée une installation : c'est pour cette raison que nous en donnons le résumé ci-dessous.

NÉCESSITÉ DE LA CIRCULATION. — En supposant d'abord que

nous ayons à faire à des surfaces vaporisatrices propres et à de l'eau privée d'impuretés dissoutes ou en suspension (¹), le premier problème à résoudre pour obtenir un fonctionnement régulier, est d'assurer l'alimentation en eau de ces surfaces vaporisatrices, toute paroi métallique chauffée d'un côté, et non en contact avec l'eau de l'autre, étant nécessairement brûlée ou déformée dès que la température est un peu élevée, c'est-à-dire atteint 800° à 900°.

Dans les chaudières à grands corps, l'eau en masse arrive toujours au contact des surfaces vaporisatrices, et si celles-ci ont parfois des coups de feu, cela tient à d'autres causes que nous exposerons plus loin. Au contraire, dans les types où l'eau se trouve confinée dans des espaces restreints, comme les tubes (qui peuvent avoir moins de 60 mm. de diamètre) de certaines chaudières marines, ou comme les lames d'eau de 60 ou 70 mm. d'épaisseur des chaudières de locomotives, la question de la présence assurée de l'eau sur les surfaces vaporisatrices est liée à celle du dégagement de vapeur et à celle de la circulation intérieure.

On doit entendre par circulation un mouvement d'ensemble de l'eau sur les surfaces vaporisatrices, par filets parallèles, sans remous ni tourbillons locaux. Cette circulation est indispensable, et le fait est si bien reconnu qu'on en a même quelquefois exagéré l'importance. Il est vrai qu'elle n'a que des avantages, et qu'on doit par conséquent rechercher la vitesse de circulation maximum, mais cette circulation est suffisante, et son véritable but est atteint, lorsqu'elle assure la présence continue d'eau sur les surfaces vaporisatrices.

La circulation nécessaire pour cela dépend de la quantité de vapeur formée, parce qu'il importe que la proportion d'eau, dans le mélange d'eau et de vapeur qui parcourt un tube, par exemple, soit assez considérable; dès qu'il y a assez d'eau pour absorber par sa vaporisation toutes les calories qui traversent la paroi métallique, la température de cette paroi n'augmente plus, et on ne la rafraîchirait pas sensiblement par l'apport d'une quantité d'eau plus considérable, c'est-à-dire avec une circulation plus vive.

On sait, en effet, que pour vaporiser 1 kg. d'eau à une pression déterminée, correspondant à une température t , il faut une quantité de chaleur égale à :

$$606,5 + 0,695t,$$

tres supérieure à celle qui est nécessaire pour élever de n degrés la température de ce même kilogramme d'eau, qui est seulement de n calories. Or, l'eau d'un générateur en fonctionnement, et ayant une circulation intérieure, même faible, ne présente jamais de différences de température importantes en ses divers points. Il n'y a donc pas avantage à rechercher de ce fait une vitesse de circulation considérable. Nous verrons que, dans les appareils bien conçus, il n'est pas besoin d'artifices pour obtenir une circulation accélérée de l'eau et que la vitesse de circulation naturelle est suffisante.

PRINCIPE FONDAMENTAL. — Cette circulation naturelle vient de l'entraînement de l'eau par les bulles de vapeur qui se dégagent.

Considérons, en effet, une bulle de vapeur de volume V isolée dans une masse d'eau; elle subit de la part de cette eau une poussée égale au poids de l'eau déplacée P . Sous l'action de la différence entre cette poussée P et le poids de la bulle p , force égale à $P - p$, et qui s'exerce de bas en haut, la bulle va prendre un mouvement ascensionnel qui serait uniformément

accéléré, si elle n'éprouvait aucune résistance et dont l'accélération serait considérable puisqu'elle atteindrait la valeur γ .

$$\gamma = \frac{P - p}{m} = gV \frac{\Delta - \delta}{\delta},$$

Δ et δ étant les masses spécifiques de l'eau et de la vapeur dans les conditions de l'expérience.

Mais la bulle rencontre dans son mouvement des résistances, fonctions de sa vitesse, et le mouvement devient bientôt uniforme. Nous pouvons, pour une bulle de diamètre suffisamment petit, remplacer ces diverses forces de résistance par une résultante unique appliquée en son centre, et qui fait équilibre, lorsque le mouvement est uniforme, à la force $P - p$ qui produit le mouvement.

En vertu du principe de l'action et de la réaction, la bulle exerce à son tour, sur les molécules voisines, des actions dont la résultante est une force passant par le centre de la bulle, égale en valeur absolue à $P - p$ et dirigée dans le sens du mouvement.

Si la bulle était de trop grand diamètre pour que l'on puisse composer ces actions en une résultante unique, le même raisonnement permettrait de montrer que la bulle exerce sur les molécules voisines des actions égales et directement opposées aux résistances qu'elle éprouve dans son mouvement, et que ces actions ont une résultante unique, égale en valeur absolue à $P - p$ et appliquée au centre de gravité, à chaque instant variable, de la bulle. Nous ne pouvons rien affirmer, d'une façon précise, au sujet de la composition de ces actions avec les forces de cohésion, mais, d'une façon générale, on peut démontrer le théorème suivant :

THÉORÈME DE M. BRILLIÉ. — Si l'on considère un vase à parois verticales, renfermant de l'eau parcourue par une bulle B de vapeur en mouvement ascensionnel (fig. 1), dès que ce mouvement est devenu uniforme, la somme des pressions transmises au fond du vase est égale au poids de l'eau, augmenté du poids de la bulle, et non au poids d'une colonne liquide ayant pour section celle du vase, et pour hauteur la distance qui sépare le niveau du liquide et le fond du vase.

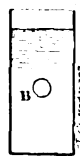


FIG. 1.

En effet, ces pressions comprennent :

1° Le poids de l'eau que renferme le vase : force verticale, dirigée de haut en bas;

2° La réaction que la bulle exerce sur l'eau par suite de sa poussée : force dirigée de haut en bas, et égale, en valeur absolue, à un poids d'eau ayant même volume que la bulle;

3° Les réactions que la bulle exerce sur l'eau par suite de son mouvement, égales en valeur absolue, et de sens opposé aux résistances que l'eau offre au mouvement de la bulle. Ces résistances dépendent de la vitesse de cette bulle, mais lorsque son mouvement est devenu uniforme, elles font équilibre à la force qui produit le mouvement, c'est-à-dire à la différence entre la poussée et le poids de la bulle. Par suite, la réaction transmise par l'eau au fond du vase est dirigée de bas en haut, et égale au poids d'une masse d'eau de même volume que la bulle, diminué du poids de la bulle.

Au total, les pressions transmises au fond du vase sont donc égales au poids de l'eau, augmenté du poids de la bulle.

Ce théorème peut d'ailleurs être vérifié facilement, au moyen d'une balance, en posant sur un plateau une éprouvette pleine d'eau, dans laquelle on fait dégager des bulles d'air au moyen d'une pipette, ou en élevant verticalement et d'un mouvement uniforme dans le liquide une sphère solide soutenue par un fil. Un raisonnement analogue au précédent, mais dans lequel il faudrait faire intervenir la tension du fil, permettrait de démontrer que la pression sur le fond de l'éprouvette est inférieure à la pression statique correspondant au niveau du liquide et que l'action sur le plateau de la balance est égale au poids du liquide,

(¹) Pour éviter toute confusion, nous appellerons *surfaces vaporisatrices* les faces des tôles de chaudière qui sont en contact avec l'eau, et *surfaces de chauffe* les faces en contact avec les gaz du foyer.

diminué de la différence entre la tension du fil et le poids de la sphère.

Ce point étant établi, considérons un cylindre vertical plongeant dans l'eau d'un vase, de façon à affleurer le niveau (fig. 2), et renfermant, à la partie inférieure, un piston très mince et sans masse. Si l'on vient à produire, à l'intérieur du cylindre, au-

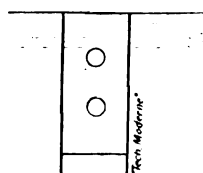


Fig. 2.

dessus du piston, des bulles de vapeur ou d'air, elles vont s'élever dans le liquide en produisant sur le piston une dépression que nous connaissons en composant comme précédemment les actions qui se transmettent au fond du vase. Le piston

va s'élever, et l'eau prendra un mouvement de circulation.

Si le piston n'existe plus, et si le cylindre plonge complètement dans le liquide (fig. 3), nous ne pouvons plus composer les pressions qui s'exercent dans la section droite MM' qui n'est plus solide, et les courants qui s'établissent dans le tube, en vertu de la dépression créée, derrière elle, par la bulle, peuvent être les uns ascendants, les autres descendants, et constituer des filets tourbillons complètement intérieurs au tube, ou bien en partie intérieurs et en partie extérieurs. Il faut faire intervenir alors le nombre des bulles et leur répartition dans le liquide.

Si le diamètre des bulles est faible par rapport au diamètre du tube, il est clair que lorsque la bulle s'élève de A en B une quantité d'eau de même volume descend de B en A et ce sont, à chaque instant, les molécules les plus voisines de la bulle qui passent derrière elle, parce que c'est le déplacement de ces bulles qui correspond au travail minimum des forces intérieures de frottement et de cohésion. Lors même que la quantité d'eau entrant par la partie inférieure du tube serait supérieure au total à celle qui entre par la partie supérieure, il n'y aurait pas circulation à proprement parler; du moins il n'y aurait pas circulation utile.

Supposons, au contraire, que la bulle soit de très grand volume par rapport au diamètre du tube et puisse l'occuper tout entier comme un piston. Lorsque la bulle va s'élever dans le tube par suite de la poussée, la quantité d'eau qui doit la remplacer ne peut venir que par la partie inférieure, et il se produit dans le tube un véritable courant de circulation à la suite de la bulle.

Comme cas intermédiaire, supposons que nous ayons dans le tube de nombreuses bulles de vapeur de volumes divers; l'appel produit par les bulles dans leur sillage fera affluer l'eau en partie par l'extrémité supérieure du tube et en partie par son extrémité inférieure, le rapport de ces deux quantités d'eau dépendant de la résistance que les molécules liquides éprouvent à circuler au milieu des bulles de vapeur, c'est-à-dire du nombre de ces bulles, de leur volume et de leur répartition; dès que cette résistance, sans être infinie comme dans le cas d'une poche de vapeur tenant toute la section du tube, deviendra plus considérable que les frottements de la masse d'eau contre les parois du tube, cette masse prendra un mouvement de circulation à la suite des bulles de vapeur.

Cette difficulté pour l'eau de circuler au milieu des bulles dépend à première vue du volume de vapeur. Mais, puisque la vitesse de circulation est d'autant plus grande que la vitesse relative des bulles, par rapport au liquide, est plus faible, il faut faire intervenir aussi le nombre des bulles et leur répartition sur la section droite du tube.

En effet, il est bien évident, par exemple, qu'une série de bulles de faible diamètre, ayant toutes leur centre dans une même section droite et se touchant les uns les autres (si on pouvait en supposer la réalisation) donnerait un mouvement de circulation plus régulier qu'une seule bulle sphérique de volume total égal à

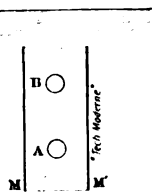


Fig. 3.

la somme des volumes des bulles précédentes, et se déplaçant seule au milieu du liquide.

C'est là le point essentiel; en effet, n'envisageons pas, pour l'instant, le phénomène au point de vue quantitatif, mais seulement au point de vue de sa régularité. La résistance opposée au mouvement d'une bulle sphérique dépend de la surface de sa projection sur un plan perpendiculaire au sens du développement, c'est-à-dire de la surface de son grand cercle.

Nous avons démontré que lorsque le mouvement est uniforme, cette résistance est égale à la poussée (en négligeant le poids de la bulle). Il n'y a pas contradiction, quoique la poussée d'un ensemble de bulles de volume total V soit constante quand le nombre des bulles varie, et bien que la somme des surfaces des grands cercles dépende de ce nombre, parce que les vitesses d'ascension uniforme ne sont plus les mêmes.

Si, au lieu d'une bulle sphérique de volume V, nous avons deux bulles sphériques de volume $\frac{V}{2}$ chacune, la dépression sur le fond du vase est la même au total, mais les vitesses obtenues par les bulles sont plus petites dans le second cas.

Quant à la surface de la projection sur un plan perpendiculaire au déplacement, elle est dans le premier cas :

$$S = \sqrt{\pi} \left(\frac{3}{4} V \right)^{\frac{2}{3}}$$

et dans le second :

$$2s = S\sqrt{2}.$$

Elle est plus considérable. Pour n bulles elle serait augmentée de même et égale à :

$$S\sqrt{n}.$$

Par conséquent, dans le mouvement relatif des bulles par rapport à l'eau, le nombre des bulles de vapeur, et leur répartition sur toute la section du tube, le volume total restant constant, intervient pour augmenter la résistance qu'éprouvent les filets liquides à circuler au milieu des bulles, et cette résistance sera d'autant plus considérable que le volume total de vapeur sera divisé en un plus grand nombre de bulles.

Les bulles réagissent les unes sur les autres, et n'ont plus la vitesse d'ascension uniforme qu'elles auraient si elles étaient isolées; à mesure que cette résistance à leur mouvement augmente, la vitesse relative des bulles par rapport à l'eau diminue, et comme les frottements de la masse totale d'eau et de vapeur sur les parois du tube restent sensiblement les mêmes, la vitesse absolue de circulation du liquide augmente.

Lorsque la vitesse relative des bulles par rapport à l'eau est nulle ou négligeable, tout se passe comme si le mélange d'eau et de vapeur était un fluide homogène, et nous retrouvons le principe démontré plus haut, c'est-à-dire que, dans le calcul des pressions que ce fluide exerce, il faut faire intervenir son poids propre, et non la hauteur d'eau correspondante.

En résumé, c'est le grand nombre de bulles et leur répartition au sein du liquide qui permet de composer leurs actions diverses et d'obtenir une circulation régulière, et quand cette circulation existe, c'est le volume total de vapeur dans le mélange qui permet d'en calculer la vitesse.

Nous avons comparé ce qui se produit au phénomène suivant, qui est exactement le même, mais plus familier : soit au caniveau horizontal indéfini ou fermé sur lui-même et rempli d'eau. On peut donner à l'eau dans ce caniveau un mouvement de circulation, en déplaçant, toujours dans le même sens, l'extrémité inférieure d'un bâton tenu verticalement. On pourrait calculer, en raisonnant comme précédemment, l'action exercée sur l'eau, dépendant du volume du corps immergé et de la vitesse du déplacement. Si l'on divise ce bâton dans le sens de la longueur, en

plusieurs verges de plus en plus nombreuses, on constitue un balai, dont les éléments ont, au total, le même volume que celui du bâton primitif, mais qui, déplacés dans le caniveau avec la même force que précédemment, donnent à l'eau une vitesse de circulation de plus en plus considérable. Le travail est de mieux en mieux utilisé à produire l'effet désiré, et au lieu de se perdre en remous locaux, il sert simplement à vaincre les frottements de l'eau contre les parois du caniveau; la vitesse relative de l'eau par rapport au balai diminue de plus en plus et s'annule préci-

sément lorsque le travail de ces forces de frottement est égal au travail dépensé.

Le fonctionnement interne de la chaudière est en tous points semblable, et l'on peut dire que le dégagement de la vapeur, lorsqu'il est canalisé, et lorsque l'ébullition se fait par petites bulles nombreuses, balaye littéralement les surfaces vaporisatrices.

(A suivre.)

M. EMANAU,
Ancien élève de l'École Polytechnique.

CHIMIE INDUSTRIELLE

L'INDUSTRIE DU GOUDRON DE HOUILLE ⁽¹⁾

(Suite.)

Turbines. — Nous avons dit que la viscosité du goudron suppose à la décantation de l'eau par différence de densité; celle-ci n'est d'ailleurs pas considérable, 1,1 — 1,0. On a essayé, avec succès, d'utiliser ce faible écart pour opérer la séparation par la force centrifuge.

Nous donnons ci-dessous une vue de la turbine Hignette qui est employée dans ce but (fig. 7).

Un récipient ou panier plein, de forme cylindrique, supporté et entraîné par un axe vertical, reçoit le goudron, préalablement chauffé à 40°, par un tube plongeur placé dans la partie centrale.

Ce panier tourne à une vitesse de 2 400 tours par minute.

Quatre palettes verticales, placées dans deux plans perpendiculaires entre eux et passant par l'axe, sont fixées à la périphérie

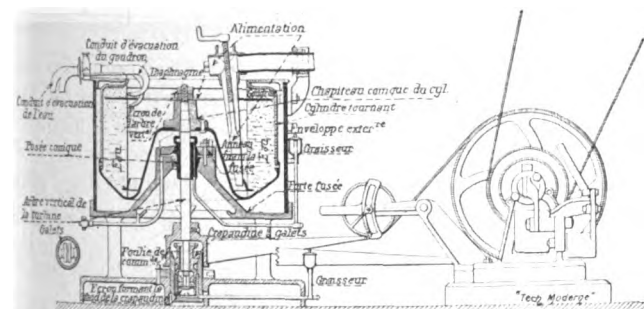


Fig. 7. — Turbine système Hignette à déshydrater les goudrons.

du récipient, mais sans le toucher. Le liquide, entraîné par les palettes, atteint au bout d'un instant la vitesse du récipient et prend la forme d'un anneau, dont la partie intérieure est composée du liquide le moins lourd et la partie extérieure du liquide le plus lourd. A la limite de ces deux zones, aboutissent deux tuyaux qui traversent le couvercle du récipient et sont courbés horizontalement immédiatement en dessous, de façon à présenter leurs orifices en sens inverse du mouvement de rotation du liquide. Un diaphragme annulaire permet au goudron, appliqué contre la paroi du récipient, d'être évacué séparément par le conduit qui prend le liquide en dessus de ce diaphragme, tandis que l'eau, qui se trouve à l'intérieur de l'anneau liquide, est évacuée par le conduit qui prend le liquide en dessous.

Le goudron est ainsi à peu près complètement séparé de son eau et n'en contient plus en moyenne que 1 %.

Une turbine exigeant une force de 5 chevaux peut traiter environ 800 kg. de goudron à l'heure.

Chaudières préalables. — Le plus souvent, dans les distilleries de goudron, on se contente de chauffer, par un serpentin de vapeur, le goudron contenu dans des bacs ouverts ou clos.

Il est préférable d'opérer dans des réservoirs clos reliés à des condenseurs; cela permet de pousser le réchauffage jusqu'au dessèchement et à la déshydratation pratiquement complète (1) par vaporisation. Quant à la chaleur nécessaire, elle peut provenir soit de la vapeur d'un générateur, soit de la condensation des vapeurs sortant d'une cornue en cours de distillation, soit du refroidissement du brai comme dans certains procédés continus, soit des flammes perdues de divers foyers, soit d'un foyer spécial. On trouvera, sur la figure 10 représen-

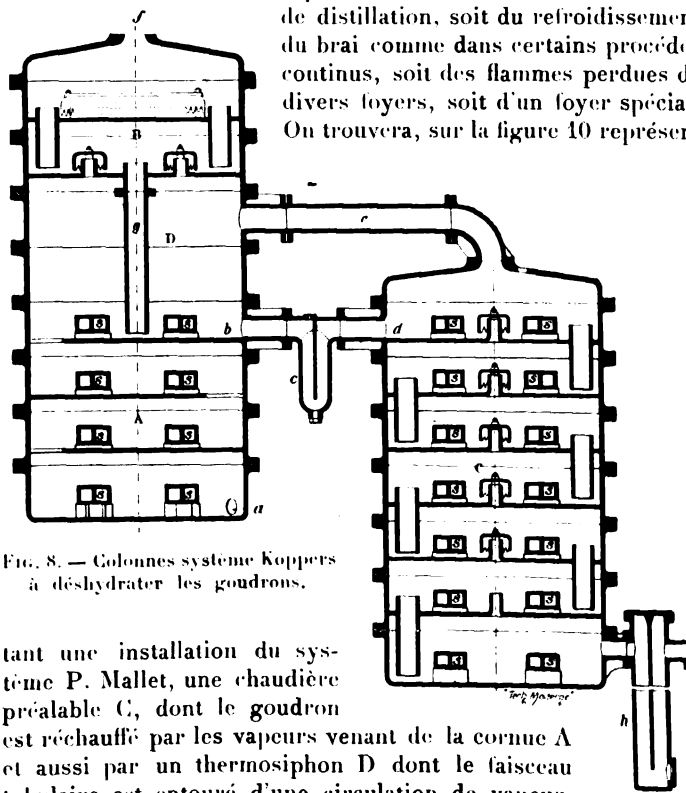


Fig. 8. — Colonnes système Koppers à déshydrater les goudrons.

tant une installation du système P. Mallet, une chaudière préalable C, dont le goudron est réchauffé par les vapeurs venant de la cornue A et aussi par un thermosiphon D dont le faisceau tubulaire est entouré d'une circulation de vapeur. On se contente de ce seul thermo-siphon dans les installations de déshydratation isolée.

Le siphon de vidange de l'eau décantée ne figure pas au dessin.

Colonnes. — On s'est souvent proposé de réaliser la

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 1 (janvier 1911), p. 27 et n° 2 (février 1911), p. 85.

déshydratation du goudron en lames minces pour éviter le boursoufflement. Des dispositifs ont été également imaginés pour faciliter le dégagement des vapeurs d'eau et d'hydrocarbures formées au sein du goudron chauffé.

La déshydratation en colonnes système Koppers (fig. 8) est parmi les plus intéressantes et fonctionne parfaitement.

Le goudron entre en *a* et monte, en suivant les chicanes, dans la base de la première colonne ADB qu'il remplit; il s'y trouve chauffé par des serpentins en fonte *s* où circule de la vapeur; il abandonne des vapeurs dans la chambre d'expansion D et s'écoule dans la deuxième colonne C par la garde *bcd*. Dans cette colonne C, à plateaux, également chauffée par des serpentins *s*, le goudron achève de se désessencier et de se déshydrater. Il en sort pratiquement anhydre par le siphon *h*.

Les vapeurs dégagées dans C viennent rejoindre dans D, et en passant par *e*, les vapeurs dégagées dans A. Elles s'analysent ensemble dans la partie supérieure B de la première colonne formant cohoeur. Les condensations lourdes rétrogradent dans A par le plongeur *g* et les vapeurs se rendent dans un condenseur.

DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE DISTILLATION. — Nous diviserons les procédés de distillation en : A) *procédés discontinus*, compre-

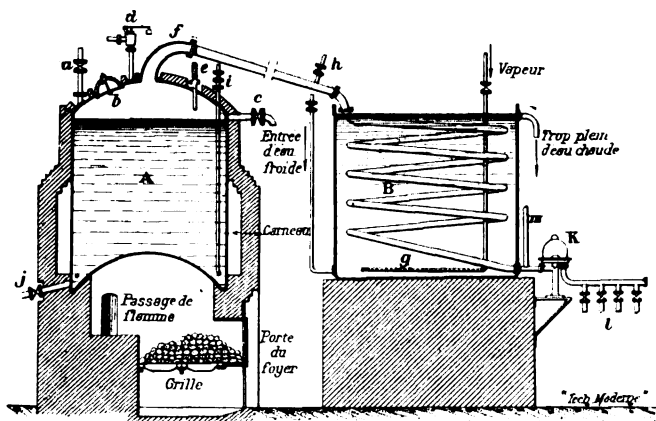


FIG. 9. — Appareil discontinu ordinaire à distiller les goudrons.

nant : 1° la distillation à feu nu en chaudières ou cornues avec injection de vapeur, avec ou sans emploi du vide; 2° la distillation sans feu système Hennebutte; B) *procédés continus*, comprenant : 3° le système Lenhard; 4° le système Ray.

Procédés discontinus. — *Distillations à feu nu* : La forme courante des alambics ou cornues employés pour la distillation du goudron est celle d'un cylindre vertical de diamètre et de hauteur à peu près égaux. Le dôme et le fond sont fortement bombés. Les chaudières horizontales en forme de tombeau (Compagnie Parisienne) sont abandonnées à l'heure actuelle.

Les cornues sont ordinairement en tôle de 10 à 15 mm., leur capacité variant de 5 à 50 tonnes. Il est nécessaire que le fond soit fortement concave, à moins qu'on emploie des fonds en acier coulé d'assez grande épaisseur, comme l'a fait M. Mallet.

Sur la figure 9, est représentée en A une chaudière de 25 tonnes, ayant 3 mètres de diamètre et 3^m,50 de hauteur, disposée avec ses accessoires de la façon couramment adoptée. Les détails diffèrent avec les installations.

Par exemple, les agencements de la fumisterie qui entoure la chaudière peuvent varier; quand le chauffage se fait au coke et non à la houille, on interpose généralement une voûte en matière réfractaire, entre le foyer et le fond de la chaudière, pour éviter les coups de feu que pourrait occasionner le rayonnement violent du coke.

On remplit la cornue par le robinet *a*, en surveillant le remplissage par le robinet de trop-plein *c* et par le trou d'homme *b*,

qui servent aussi au dégagement de l'air. Par ce trou d'homme *b*, des ouvriers peuvent descendre, aux arrêts, quand il devient nécessaire d'enlever la couche de coke qui finit par se former sur le fond. Une soupape *d*, à échappement extérieur, est montée sur le dôme par mesure de sécurité et en vue des débordements. Un thermomètre *e*, donnant la température des vapeurs, permet de surveiller la marche de la distillation; on en place parfois un autre dont le réservoir plonge dans la masse, mais dont les indications sont moins sûres.

Quand le goudron a été suffisamment échauffé, il se boursouffle; de l'eau vient surnager à sa surface et peut être évacuée par le robinet *c*.

Vers la fin de l'opération, on injecte de la vapeur dans la masse, au moyen du robinet *i* raccordé à un système de tuyaux dispersés posés sur le fond de l'alambic.

Du chapiteau *f*, les vapeurs qui se dégagent de la chaudière se rendent dans un condenseur B. Celui qui est représenté sur la figure 9 est formé d'un serpentins placé dans un bac rectangulaire, où l'on peut faire circuler de l'eau qu'on réchauffe au besoin, vers la fin de l'opération, en y injectant de la vapeur par un tuyau perforé *g*. Le serpentins est un tube fer de 50 mm. de diamètre intérieur. La bache réfrigérante et le serpentins pourraient être tout aussi bien cylindriques. En Angleterre, on emploie généralement des serpentins formés de tubes en fonte de 100 à 150 mm. de diamètre intérieur réunis par des doubles coudes. Nous avons vu aussi quelques réfrigérants formés de faisceaux tubulaires verticaux refroidis par une circulation d'eau.

Une injection directe de vapeur (par *h*) est généralement prévue pour combattre l'obstruction du serpentins du condenseur.

Les condensations formées s'écoulent à travers une éprouvette de coulage *k*, où l'on peut prélever des échantillons, mesurer la densité et la température des produits qu'on dirige au moyen d'une clarinette *l* vers différents récipients. Par un tuyau *m* communiquant avec l'atmosphère, et piqué sur la sortie du condenseur, les gaz permanents peuvent se dégager, tandis que les liquides se rendent à l'éprouvette *k*.

La première partie du distillat est composée d'eau et d'essence qui se séparent par ordre de densité. Les parties suivantes formées d'huiles abandonnent par refroidissement de la naphthaline et de l'anthracène en grande abondance. Aussi, on reçoit ordinairement les huiles moyennes et lourdes dans des bacs plats, ouverts, tandis que les parties plus légères et inflammables sont recueillies dans des réservoirs clos.

Le brai, qu'on laisse parfois reposer quelque temps dans la chaudière arrêtée, est ordinairement évacué par le robinet de vidange à fond *j* dans un récipient intermédiaire en tôle appelé étouffoir ou dans une chambre en maçonnerie, où il se refroidit pendant plusieurs heures. Quand il ne dégage plus de vapeur et peut être exposé à l'air libre sans inconvénient, on le laisse s'écouler dans les fosses à brai, où il achève de se refroidir et où on l'emmagasine.

Les masses cristallines, provenant des huiles moyennes et lourdes, sont égouttées, puis turbinées ou passées au filtre-pressé. Autrefois, quand on poussait jusqu'au brai sec, on obtenait, dans le dernier fractionnement avant le brai, de l'anthracène mélangé de corps butyreux comme le chrysène, qui rendaient impossible l'essorage de l'anthracène brut, ce qui obligeait à achever l'égouttage dans des filtres-presses. Dans plusieurs distilleries anglaises, nous avons vu agiter légèrement les huiles anthracéniques pendant leur refroidissement, et bien qu'elles ne contiennent pas de produits très lourds, pour être sûr que l'anthracène, toujours un peu gras, ne se prenne pas en masse et se dépose à l'état de poudre facile à turbiner. Actuellement, on semble donner la préférence à l'essoreuse aussi bien pour l'anthracène que pour la naphthaline.

Nous avons déjà signalé que l'on emploie quelquefois le vide dans la dernière période de la distillation, tout en introduisant

de la vapeur dans la masse. On relie le bac de coulage avec l'aspiration d'une pompe à vide ; il est bien évident qu'on s'arrange pour éviter, à ce moment, toute communication avec l'atmosphère.

Appareil discontinu P. Mallet : La figure 10 montre schématiquement le dernier type d'installation de ce constructeur. Il présente quelques particularités qu'il convient de signaler.

Le goudron est d'abord introduit dans la chaudière préalable C. Les vapeurs provenant de la chaudière A, qui a été chargée avec le goudron traité au cours d'une opération précédente dans la chaudière préalable, réchauffent le goudron en se condensant dans le serpentin 1, ce qui amène la séparation du goudron et de la majeure partie de son eau ammoniacale qu'on évacue par un système de trop-plein mobile. A un moment donné, la chaleur apportée par les vapeurs sortant de A devient insuffisante ; on met alors en fonctionnement le thermosiphon D chauffé à la vapeur. Le goudron relativement froid rentre par 2 dans D et en ressort par 3. La différence de densité du goudron dans les deux branches du thermosiphon assure une circulation rapide. Le goudron sortant de 3 s'étale sur une tôle inclinée et rencontre des chicanes verticales en tôle perforée. Par le dôme 4, les vapeurs de benzol et d'eau dégagées se rendent au condenseur E, refroidi par une circulation d'eau.

L'eau et le benzol sont séparés dans le vase florentin F₁ ; le

l'oxygène, cette oxydation donnant naissance à des produits concrets constituant le brai. En pratique, l'oxydation se fait au moyen d'un barbotage d'air. Comme nous le verrons plus loin, le goudron, étant préalablement déshydraté et porté à la température de 100° environ, est traité dans un cylindre vertical de 2 à 3 mètres de hauteur, par un violent courant d'air amené au fond du cylindre par une couronne percée de trous. La réaction s'amorce lentement, produisant un échauffement progressif de la masse, échauffement qui, après plusieurs heures, peut atteindre 200 à 300°. Cet échauffement peut être accéléré ou retardé, suivant que le cylindre vertical est calorifugé ou non, et l'on peut prendre, en outre, tels dispositifs d'aération de l'appareil qui permettent de régler la montée de la température intérieure en refroidissant la masse.

On voit que ce procédé évite l'emploi de combustible sous la chaudière de distillation.

Il est clair qu'en prolongeant plus ou moins l'opération, il est possible d'obtenir comme produit final un brai gras, demi-sec ou sec à volonté.

L'air, ayant barboté dans le goudron, est appauvri en oxygène, il contient de l'azote et de la vapeur d'eau et entraîne avec lui les produits distillables contenus dans le goudron et en proportion variable suivant la température de la masse. Cet air expulsé est envoyé dans une seconde bache contenant une charge

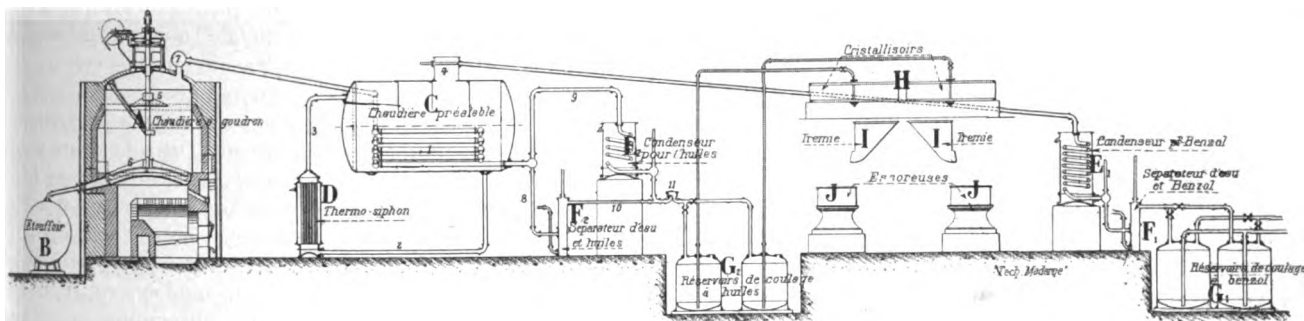


FIG. 10. — Schéma de l'appareil discontinu à distiller les goudrons, système P. Mallet. — A, chaudière à goudron ; B, étouffoir ; C, chaudière préalable ; D, thermo-siphon ; E₁, condenseurs pour benzol ; E₂, condenseurs pour huiles ; F₁, séparateurs d'eau et benzol ; F₂, séparateurs d'eau et huiles ; G₁, réservoirs de coulage à benzol ; G₂, réservoirs de coulage à huiles ; H, cristalliseurs ; I, trémies ; J, essoreuses.

benzol est recueilli dans les réservoirs de coulage G₁, qui se vidangent par l'air comprimé ; l'eau, qui entraîne avec elle de la naphthaline qu'on récupère, est évacuée au dehors.

La chaudière, dont le fond est en acier coulé, est munie d'un agitateur. Animé d'un mouvement lent de rotation, le double bras 6 porte des racloirs qui empêchent la formation de grandes épaisseurs de coke sur le fond et, par conséquent, la surchauffe de ce dernier. Ce bras 6 porte aussi la tuyauterie d'injection de vapeur. Le cône 5 sert à répartir le goudron sur le fond encore chaud au début du chargement.

En fin de distillation, le brai est évacué dans un étouffoir B qui est formé d'un long cylindre en tôle, légèrement incliné sur l'horizontale.

Comme nous l'avons vu, les vapeurs sortant de A par la boule 7 parcourent le serpentin 1 noyé dans la chaudière préalable. Les condensations qui s'y forment, et qui contiennent de l'eau, se rendent par 8 dans le séparateur ou florentin F₁. Les vapeurs qui ont échappé à l'action de 1 sont conduites par 9 au condenseur E₁. Les huiles venant de F₁ par 10 et les huiles condensées dans E₂ passent par la même éprouvette de coulage 11. Elles sont recueillies dans des réservoirs G₂. De ces réservoirs, les huiles sont évacuées, au moyen de l'air comprimé, dans des cristalliseurs H. Après soutirage des huiles, la naphthaline et l'anthracène sont turbinés dans les essoreuses J.

Distillation sans feu, système Hennebutte : Ce procédé original consiste essentiellement en une oxydation ou une déshydrogénation des produits hydrocarbonés du goudron au moyen de

de goudron froid, lequel arrête les produits huileux entraînés par l'air, en même temps qu'il s'échauffe lui-même et se déshydrate.

La déshydratation peut être aidée, s'il est nécessaire, par un chauffage à la vapeur, de sorte qu'à la fin de la première opération, le goudron de la seconde bache se trouve en état d'être soumis au traitement oxydant.

Les gaz et vapeurs non retenus par le goudron froid de la seconde bache sont recueillis dans un condenseur spécial.

On conçoit qu'avec un tel procédé, si l'élévation de la température de la masse soumise à l'oxydation est suffisamment rapide, il se produira en même temps une distillation importante des produits huileux. Si, au contraire, la température est maintenue à des limites suffisamment basses et si l'échauffement est ralenti par un refroidissement énergique, la presque totalité de la masse mise en œuvre se retrouvera transformée en brai, une très faible quantité seulement de produits vaporisables ayant pu s'échapper.

Cette faculté de conduire le procédé, soit en vue de l'obtention presque exclusive de brai, soit en vue de l'obtention partielle d'huiles et produits condensables d'une part, et d'une quantité plus faible de brai d'autre part, est considérée par les inventeurs comme un des plus précieux avantages de la méthode. L'opération pourra, en effet, être conduite d'une manière ou de l'autre, suivant la situation du marché des brais et des huiles de goudron et ce, sans modifications dans l'installation.

Ce procédé, très intéressant au point de vue technique, paraît recommandable au point de vue économique vis-à-vis des procédés ordinaires, car il doit assurer une moindre dépense de main-

d'œuvre et une économie de combustible, les frais d'exploitation se réduisant à une faible dépense de vapeur et à la production d'air soufflé.

Mais il n'a pas encore été publié de résultats d'exploitation permettant d'apprécier la valeur industrielle de la méthode, ni la possibilité de faire varier les rendements quantitatifs et quali-

tatifs en huiles diverses, lorsque la situation du marché oblige, comme c'est le cas actuellement, à extraire le pourcentage d'huiles le plus élevé possible et à réduire la production du brai.

Le système Hennebutte est appliqué, à notre connaissance, en Belgique et dans une cokerie française du Pas-de-Calais.

(A suivre.)

G. et V

CHIMIE INDUSTRIELLE

SUR L'ANALYSE INDUSTRIELLE DES GAZ

La recherche de la composition des gaz résultant des différentes opérations industrielles, permet de juger si la marche de celles-ci est satisfaisante et, dans le cas contraire, d'apporter immédiatement les modifications nécessaires pour accroître leur rendement.

Il n'est donc pas utile de demander aux analyses de ce genre une haute précision; il faut, au contraire, se contenter d'une exactitude relative, mais il convient de répéter les analyses fréquemment, afin de suivre le fonctionnement des appareils pendant les diverses phases d'une fabrication.

Jusque vers 1868, on ne s'était guère préoccupé de rechercher la composition des gaz produits dans les différentes industries, et en particulier, dans la combustion du charbon. A cette époque, l'analyse des gaz était considérée comme un travail exclusivement réservé aux laboratoires scientifiques, pourvus d'appareils délicats, et confiés à des chimistes habiles.

A notre connaissance, ce sont MM. Schlœsing et Rolland qui, en 1860, les premiers⁽¹⁾, ont montré que l'on peut utiliser avantageusement dans l'industrie les méthodes scientifiques, et notamment la facilité d'absorption de certains gaz par des liquides appropriés, comme par exemple la dissolution de l'anhydride carbonique dans les liqueurs alcalines.

APPAREILS ANALYSEURS. — L'étude de MM. Schlœsing et Rolland était restée peu connue, lorsque Orsat, fabricant de céruse, eut l'idée, en 1872, d'appliquer la méthode dans son usine. Il se rendit bientôt compte que l'appareil, qu'il avait fait construire par Salleron, était susceptible de généralisation et pouvait rendre service dans un grand nombre d'industries. C'est le premier modèle ainsi réalisé qui fut appliqué d'abord au dosage du gaz carbonique fourni par la combustion du charbon dans les foyers industriels.

L'appareil Orsat primitif ne comprenait que deux cloches absorbantes: l'une renfermait de la lessive de soude concentrée pour dissoudre le gaz carbonique; l'autre, une solution de chlorhydrate d'ammoniaque ammoniacal et de la toile de cuivre rouge. Le contact de ce liquide et du cuivre donne lieu à la formation de chlorure cuivreux, soluble dans l'eau chargée d'ammoniaque, qui possède la propriété d'absorber l'oxygène et l'oxyde de carbone.

L'appareil permettait donc de trouver la proportion de gaz carbonique, et la somme des deux autres gaz (oxygène et oxyde de carbone); le résidu était considéré comme étant formé d'azote.

La disposition primitive imaginée par Orsat, et qui ne différait guère de celle de MM. Schlœsing et Rolland, était incommode et fragile. Salleron lui donna la forme plus pratique sous laquelle l'appareil est connu aujourd'hui, et évita la fragilité

en remplaçant la rampe à robinets de verre par une pièce en étain. En outre, on adopta couramment l'usage d'une troisième cloche renfermant une solution d'acide pyrogallique dans une lessive de potasse concentrée, ce qui permit de doser l'oxygène indépendamment de l'oxyde de carbone.

Plus tard, en 1881, la fabrication des robinets en verre ayant progressé en France, M. Dénichel revint à la rampe en verre, malgré sa fragilité, en raison des inconvénients que la pratique avait révélés dans les robinets d'étain, qui ne conservaient pas longtemps leur étanchéité, d'où résultaient des erreurs dont on ne s'apercevait que lorsqu'elles étaient grossières.

L'appareil Orsat se trouva ainsi amené à la forme type sous laquelle il est actuellement construit. On a fait varier de bien des manières, le nombre des cloches, leur forme, dans le but de rendre les absorptions plus rapides ou de doser d'autres gaz que l'anhydride carbonique, l'oxygène, l'oxyde de carbone; dans la plupart des cas, l'appareil a perdu de sa simplicité, sans rien gagner en précision. Il ne faut pas oublier, en effet, que les mesures étant faites sur l'eau, les absorptions se produisent dans des dissolutions aqueuses; on est donc obligé d'admettre que les gaz sont, et restent, saturés de vapeur d'eau, condition qui peut être plus ou moins réalisée. Il semble dès lors que, dans les opérations ordinaires, l'approximation des mesures ne saurait dépasser 1 % ou au plus 0,5 %. C'est, dans bien des cas, suffisant pour le contrôle journalier d'une fabrication industrielle.

Il existe encore une autre difficulté. Si l'absorption du gaz carbonique par les alcalis se produit très rapidement, il n'en est pas de même pour l'absorption de l'oxygène par le pyrogallate de potasse, qui est lente et, par suite, souvent incomplète; on est alors conduit à compter comme oxyde de carbone ou azote, l'oxygène non absorbé.

D'autre part, si l'analyse dure trop longtemps, les variations de la température extérieure et de la pression barométrique peuvent occasionner des erreurs d'observation.

De ces considérations critiques, il résulte que l'appareil et la méthode ne comportent pas une très grande précision, et il paraît dès lors illusoire de compliquer la construction ou la manipulation dans le but d'arriver à une exactitude qui n'est le plus souvent qu'apparente.

Pour obtenir une approximation plus grande dans les mesures, il faudrait commencer par recueillir et mesurer les volumes gazeux sur le mercure, mais les manipulations se trouveraient singulièrement compliquées, puisque les absorptions sont produites par des solutions aqueuses, et il faudrait nécessairement dessécher le gaz après chaque opération avant d'effectuer une mesure.

Dans bien des cas, du reste, ces mesures précises seraient superflues, car, notamment dans l'étude des gaz produits dans les foyers, on peut se contenter de déterminer la proportion de l'élé-

(1) Mémoire sur la fabrication du carbonate de soude. *Ann. de Chim. et de Phys.*, 1860.

initial; on a pris soin de placer en bas de la feuille la division 0, et en haut, la division 100.

2) La soupape S étant ouverte, l'eau s'écoule des vases A et B par une tubulure et produit, dans le récipient B, une dépression qui provoque l'aspiration d'un nouveau volume du mélange gazeux à analyser; le flotteur *f*, placé dans le récipient A, détermine la fin de l'aspiration. Ce flotteur (fig. 3) porte, guidée par une pièce fixée sur le vase A, une tige légère munie d'une

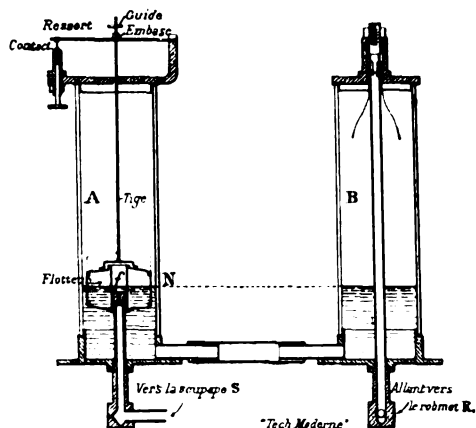


FIG. 3.

embase. Lorsque le flotteur *f* est complètement immergé, l'embase butte sur la pièce qui sert de guide à la tige, mais lorsque le niveau de l'eau dans le vase A baisse en N, le flotteur *f* commence à surnager, suit le mouvement descendant de l'eau et l'embase vient buter sur le ressort qui lui-même établit par le contact le courant électrique sur l'électro; celui-ci manœuvre simultanément les robinets R_1 et R_2 , et ferme la soupape S. La série des opérations se reproduit ensuite comme précédemment. L'appareil est relié à la conduite d'aspiration (ordinairement en plomb) du gaz à analyser, par l'intermédiaire d'un filtre à coton pour arrêter les matières solides en suspension; les électro-aimants sont branchés sur une canalisation électrique ordinaire (continu, alternatif ou triphasé sous 110 volts); le débit de l'eau dans l'appareil est réglé au moyen d'un robinet à pointeau. Tel est, sommairement exposé, le fonctionnement de l'analyseur enregistreur pour gaz des foyers.

ANALYSEUR-ENREGISTREUR (2^e type). — Il existe un autre type

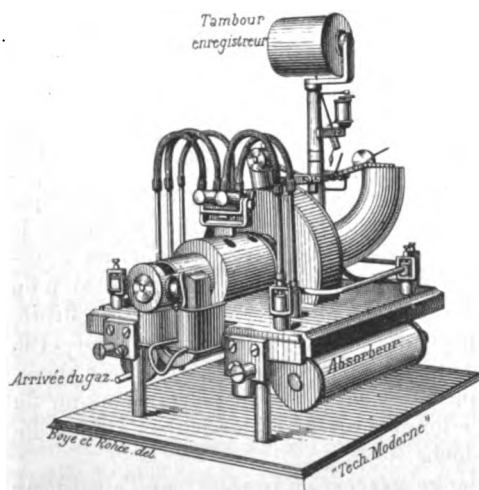


FIG. 4.

d'un échantillon du gaz à analyser, le prélèvement de 100 cm³ sur cet échantillon, l'absorption du gaz carbonique du mélange, l'enregistrement graphique du résultat.

DESCRIPTION D'UN SECOND TYPE D'APPAREIL ANALYSEUR-ENREGISTREUR (fig. 4). — La pompe à gaz se compose d'un récipient cylindrique pouvant tourner sur un axe O (fig. 5); une cloison C divise la partie supérieure du récipient en deux parties. La partie

inférieure est remplie d'eau jusqu'au niveau N. De chaque côté, la cloison C porte deux trous dont l'un est en communication avec l'air libre, et dont l'autre communique, par un tuyau de caoutchouc, avec les autres parties de l'appareil. Le vase, en tournant autour de l'axe O, fait varier le volume de chacun des compartiments A et B, mais le volume total reste constant. Si le vase oscille autour de l'axe, il y a alternativement aspiration et refoulement dans chaque compartiment.

Le mesureur est formé d'un gazomètre dont la cloche est établie pour une levée de 100 cm³.

L'absorbeur est formé de ponce à potasse pour absorber le gaz carbonique.

L'enregistreur. Le mélange gazeux du mesureur est refoulé en

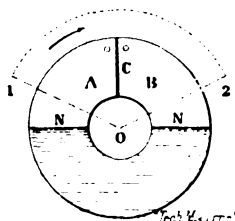


FIG. 5.

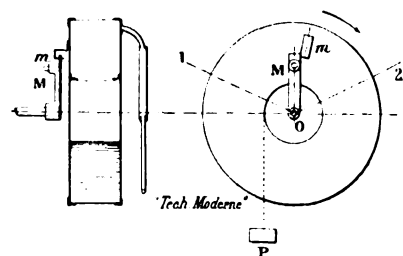


FIG. 6.

passant par l'absorbeur dans un gazomètre semblable au premier, dont la cloche porte un stylet inscripteur. Comme dans l'appareil précédemment décrit, la hauteur de levée de la cloche est proportionnelle au volume de gaz qu'elle reçoit.

La pompe à gaz est commandée mécaniquement: la manivelle M vient, au début de l'aspiration, buter contre un entraîneur *m* (fig. 6) et entraîne alors le corps de pompe dans la position 2. Arrivée à cette position, la manivelle abandonne l'entraîneur, et le corps cylindrique, sollicité en arrière par le poids P, revient vers la position 1, refoulant ainsi le gaz dans le mesureur.

Le basculeur, constitué par deux vases de la forme représentée figure 7, est muni d'une tubulure à chaque extrémité. Ces tubulures pénètrent dans le mercure jusqu'à 2 millimètres du fond; ce mercure les obstrue toutes deux quand les vases sont dans la position horizontale. Dans la position 1, la tubulure t_1 seule est obstruée; dans la position 2, c'est la tubulure t_2 .

Le basculeur, qui réalise deux robinets à deux voies, occupe alternativement les positions 1 et 2, grâce aux deux cames que porte l'axe du réducteur de vitesse.

Une tige porte deux butées et commande par une bielle les basculeurs. Deux leviers sont appuyés sur les cames par des ressorts. Lorsque le bec de la came arrive près du doigt de l'un des leviers, celui-ci tombe sur l'encoche de la came correspondante et la tige, en se déplaçant, entraîne les basculeurs. C'est l'inverse qui se produit lorsque l'autre levier vient en regard de l'encoche de l'autre came.

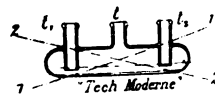


FIG. 7.

Fonctionnement. — Le schéma de la figure 2 indique les liaisons établies entre les différentes parties de l'appareil. Les diverses phases sont les suivantes:

Le gaz contenu dans la pompe est refoulé dans le mesureur; la pompe, mise en communication avec l'enceinte contenant le mélange gazeux, aspire un nouveau volume; le mesureur, mis en communication avec l'enregistreur, refoule son contenu au travers du tube absorbeur dans l'enregistreur; lorsque le gaz est absorbé, le stylet, mu par un électro, s'abaisse et indique, par sa position sur la feuille graduée, le résultat de l'analyse. On peut obtenir des résultats de cinq en cinq minutes et l'appareil peut fonctionner sous 110 volts (courant continu, alternatif ou triphasé).

AUTRES APPAREILS POUR L'ANALYSE DES GAZ. — L'industrie ne demande plus exclusivement à la vapeur d'eau la force motrice dont elle a besoin; les moteurs à gaz sont aujourd'hui très répandus; les moteurs à gaz pauvres et aussi les moteurs à pétrole prennent de jour en jour un plus grand développement. Les gaz produits dans ces combustions ne sont plus de l'anhydride carbonique en quantité prépondérante; on trouve aussi une plus forte proportion d'oxyde de carbone et des quantités notables de carbures d'hydrogène.

L'analyse de ces mélanges se trouve ainsi très compliquée et l'appareil Orsat est insuffisant; il a fallu le compléter par une addition d'organes permettant de brûler les gaz qui, par combustion, donnent de l'anhydride carbonique, que l'on peut doser par le procédé ordinaire.

C'est dans ce but qu'on a d'abord fait passer les gaz à analyser, débarrassés de l'anhydride et de l'oxygène, dans un tube fin de platine ou de palladium chauffé au rouge, à l'aide d'une petite lampe à alcool. Mais ce procédé laisse beaucoup à désirer, car on sait depuis longtemps, d'après les travaux de H. Sainte-Claire-Deville, que le platine chauffé au rouge devient poreux pour les gaz et cassant; on ne peut accorder grande confiance aux résultats fournis par des appareils de ce genre que s'ils sont maniés par des chimistes très exercés, qui évitent de chauffer le platine au delà du rouge naissant ou du rouge sombre; mais, dans ce cas, certains carbures peuvent échapper à la combustion et fausser l'analyse.

M. Léo Vignon a évité ces inconvénients en ayant recours franchement à la combustion eudiométrique, exclusivement utilisée jusque-là dans les recherches scientifiques.

Son appareil n'est cependant, au fond, qu'un appareil Orsat de la forme habituelle, auquel on a ajouté un eudiomètre, c'est-à-dire un réservoir en verre dans lequel sont soudés deux fils de platine, entre lesquels on fait éclater l'étincelle électrique fournie par une petite pile et une bobine d'induction.

En suivant la méthode indiquée par M. Léo Vignon, on dose ainsi : l'anhydride carbonique, l'oxygène, l'oxyde de carbone, le méthane, l'hydrogène; les divers carbures sont évalués en bloc comme méthane; le résidu, s'il en existe, est considéré comme formé d'azote pur.

Dans la pratique, cette méthode nécessite, dans certains cas, l'adjonction, aux gaz à analyser, d'une proportion connue d'oxygène pour que la combustion soit possible. On peut emprunter cet oxygène soit à l'air (on doit alors tenir compte de l'azote qui l'accompagne), soit, plus commodément, à l'oxylithe ou à l'ozone qui, décomposées par l'eau, donnent de l'oxygène presque pur⁽¹⁾.

Au cours de ces dernières années, on a aussi construit, en Allemagne, des instruments dans lesquels on a réuni les deux modes de combustion indiqués précédemment : en appliquant le premier par chauffage au rouge sombre seulement, on brûle une partie des carbures d'hydrogène; le deuxième, par combustion eudiométrique, complète l'opération. Cela suppose évidemment qu'il existe une différence bien tranchée entre les carbures détruits dans la première opération et ceux qui ne le sont que dans la seconde; mais cette division ne paraît pas encore nettement établie et, dès lors, les résultats obtenus ne peuvent être considérés comme certains.

G. B.

CHIMIE INDUSTRIELLE

L'INDUSTRIE DE LA SAVONNERIE⁽¹⁾

(Suite.)

Savons sous pression. — La fabrication des savons d'empâtage sous pression ne s'opère qu'en Angleterre et aux Etats-Unis.

Les matières premières employées sont le suif, l'huile de palme, l'huile de suif, la résine.

L'opération s'effectue dans une chaudière autoclave pouvant traiter de 1 000 à 2 000 kg. de matière grasse, constituée par un réservoir cylindrique, complètement fermé, en tôle forte, muni d'un trou d'homme, d'une soupape de sûreté et de deux tubulures, l'une supérieure pour le chauffage, l'autre inférieure pour la vidange. Le chauffage se fait généralement à feu nu, la chaudière étant montée dans un massif de maçonnerie au-dessus d'un foyer. Les chaudières autoclaves sont quelquefois munies d'agitateurs mécaniques, mais cette disposition complique la construction de l'appareil sans présenter d'avantages bien réels pour la fabrication.

Celle-ci s'opère de la façon suivante :

On introduit dans la chaudière le chargement de matières grasses et de résine et la quantité théorique de lessive dont la concentration varie de 22 à 25° B., suivant la nature des matières premières. Le trou d'homme étant assujéti, on chauffe l'autoclave, de façon que la pression atteigne et se maintienne autour

de 4 à 4,5 kg. par centimètre carré, pendant cinq à six heures. Au bout de ce temps, la saponification est complète et le savon liquide évacué dans un malaxeur, où on lui incorpore les solutions d'augmentation et les colorants s'il y a lieu; après quoi, la masse est coulée dans les mises comme à l'ordinaire.

Les savons obtenus par ce procédé sont d'excellente qualité, parfaitement saponifiés et sans excès d'alcali, si la concentration et les proportions nécessaires sont rigoureusement observées.

Les savons d'empâtage à chaud peuvent varier à l'infini suivant l'habileté et la fantaisie du savonnier. Tous dérivent d'un empâtage obtenu par l'une des méthodes précédentes et, à part l'absence ou la présence de la résine dans les matières saponifiées, c'est dans l'augmentation qu'interviennent surtout les différences créant les nombreuses variétés connues.

Les savons mi-cuits unicolores, blancs ou colorés uniformément par addition de colorants solubles, sont les plus simples à obtenir et leur augmentation se fait suivant les principes donnés plus haut. Les savons mi-cuits à marbrure artificielle offrent plus de difficultés; la marbrure s'obtient en incorporant à l'empâtage, au moment du coulage, du silicate de soude et des colorants insolubles, dont la dissémination dans la pâte soumise

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 3, p. 162; n° 4, p. 221; n° 5, p. 292; n° 6, p. 352; n° 7, p. 407; n° 8, p. 447; n° 9, p. 488; n° 10, p. 554; n° 12, p. 694, et t. III (1911), n° 1, p. 31.

(1) Il suffit d'en analyser un échantillon pour connaître la proportion d'oxygène pur contenu dans le volume que l'on introduit dans l'eudiomètre.

au refroidissement produit la marbrure; il va sans dire que la pâte doit avoir une consistance suffisante pour que le colorant ne se dépose pas, et c'est l'appréciation du point de coulage qui constitue la seule partie délicate de la fabrication de ces savons.

II. — SAVONS DE RELARGAGE OU DE LIQUIDATION

Les savons de relargage ou de liquidation, qui sont de beaucoup les plus importants et les plus employés, s'obtiennent par un processus plus complexe que les savons d'empâtage.

D'une façon générale, leur fabrication comprend quatre phases ou opérations essentielles : l'empâtage, le relargage, la cuisson ou cortion et la liquidation.

L'empâtage a pour objet — comme dans la fabrication des savons d'empâtage simple — l'émulsionnement et la combinaison, aussi intime que possible, des matières grasses et des lessives alcalines, et leur transformation aussi complète que possible en savons.

Le relargage a pour effet de désagréger l'empâtage obtenu et de séparer ainsi le savon formé des lessives épuisées entraînant la glycérine avec les matières étrangères et les impuretés de toute nature, mais ne renfermant pratiquement plus d'alcali caustique utilisable.

La cuisson a pour but de compléter la saponification des dernières traces de matière grasse qui y ont échappé dans l'empâtage, et que la désagréation de ce dernier par le relargage rend de nouveau accessibles à l'action des lessives alcalines.

La liquidation a enfin pour objet de dépouiller le savon de l'excès d'alcali dont la cuisson l'a chargé, d'en éliminer les impuretés qui y sont mélangées et finalement de l'amener sous une forme commerciale convenable.

Ces différentes phases, quoique se déroulant généralement dans le même ordre, présentent des variantes plus ou moins importantes qui seront décrites avec la fabrication des divers types de savons de relargage. Mais avant d'aborder cette description, il est nécessaire d'examiner les principes généraux qui dirigent l'exécution de ces opérations.

Empâtage. — L'empâtage est une opération préliminaire très importante, dont la bonne exécution exerce une influence décisive sur la rapidité et la perfection des opérations ultérieures et même sur la qualité finale du savon.

En principe, il consiste à faire bouillir la lessive alcaline avec la matière grasse, de façon à obtenir leur émulsionnement, c'est-à-dire leur mise en contact intime, et à réaliser ainsi la saponification aussi complète que possible de la matière grasse.

On sait que la saponification intégrale d'une certaine quantité de matière grasse n'est possible à la pression ordinaire, c'est-à-dire vers 100-105°, qu'en présence d'un excès d'alcali. Il faudrait donc un excès de lessive alcaline pour réaliser dans l'empâtage la saponification complète de la matière grasse mise en œuvre, et c'est ainsi qu'on opère en effet en Angleterre et aux États-Unis. Mais la perte qui résulte de l'entraînement de l'excès d'alcali caustique par les lessives de relargage, séparées ultérieurement, et la dépense que nécessite sa saturation en vue de la récupération de la glycérine que renferment ces lessives, constituent des inconvénients sérieux, qui font que, dans les savonneries françaises, on pousse l'empâtage aussi loin qu'il est possible avec une quantité de lessive légèrement inférieure à la quantité théorique, de manière que la pâte et la lessive de relargage qui s'en sépare ne renferment pas d'alcali caustique libre.

La concentration des lessives exerce une grande influence sur la rapidité et la bonne marche de l'empâtage; elle doit être réglée de façon à permettre un émulsionnement parfait de la matière grasse et de la lessive et, par conséquent, être suffisamment faible au début pour que le savon formé se dissolve dans la lessive, ce qui contribue à l'émulsionnement. Elle dépend essentiellement de la nature des corps gras employés, et les concentrations limites indiquées pour le relargage des savons provenant

des différents corps gras, fourniront à ce sujet des indications utiles. On remarquera toutefois que ces concentrations ont été déterminées pour des solutions de soude caustique pure, exemptes de carbonate de soude et de glycérine, dont la présence, en pratique, tend à augmenter la solubilité du savon et la concentration des lessives admissibles. Enfin, la concentration des lessives dépend, non seulement de la nature des matières grasses, mais encore de leur état, les huiles acides admettant des lessives plus concentrées que les mêmes huiles à l'état pratiquement neutre. En fait, la concentration la plus favorable pour commencer l'empâtage est de 6 à 8° B. pour les huiles de coton, de soja, le suif, l'huile de palme; de 10 à 12° B. pour les huiles d'arachide, de sésame, d'olive, de lin; les huiles de coprah, de palmiste et de ricin admettent des lessives plus concentrées et, en fait, se saponifient d'autant mieux que la concentration est plus élevée.

L'empâtage est favorisé par une agitation énergique des matières en présence; à cet égard, le chauffage de la masse par serpentin de vapeur directe ou barboteur est bien préférable au chauffage par serpentin clos, au double point de vue de la rapidité et de la perfection de la saponification. Sous l'influence de la vapeur qui se dégage dans la masse, il s'opère une véritable pulvérisation et un émulsionnement de la lessive et de la matière grasse, qui sont extrêmement favorables à la saponification. Il faut naturellement tenir compte de l'eau de condensation qui tend à diluer la lessive et, pour cela, employer des lessives plus concentrées de 2 à 3° B.

L'empâtage des huiles neutres est généralement difficile à opérer; avec les huiles de coton blanchies par la soude en particulier, il arrive que l'ébullition de la lessive et de l'huile se prolonge pendant des heures sans que la saponification commence. En pareil cas, et d'une façon générale, lorsque l'empâtage tarde à se produire, il convient d'abaisser la concentration de la lessive par addition d'eau. Enfin, la même difficulté se présente spécialement lorsque l'empâtage s'opère dans un chaudron propre et non sur le gras d'une opération précédente, et l'on y remédie en dissolvant, dans les lessives, des débris de savon, celui-ci exerçant une influence émulsionnante favorable au départ de la saponification.

En pratique, et d'une manière générale, l'empâtage se conduit de la façon suivante :

On introduit dans le chaudron une certaine quantité de lessive faible, soit neuve, soit partiellement épuisée provenant des opérations de cuisson précédentes, et on la porte à l'ébullition à l'aide du serpentin de vapeur clos. On fait alors arriver peu à peu la quantité de matière grasse correspondante à l'état fluide (liquide ou fondue), et si l'on dispose d'un serpentin de vapeur directe, on envoie celle-ci dans la masse; sinon, on continue le chauffage avec le serpentin clos. A la faveur de l'agitation créée par le dégagement de vapeur ou l'ébullition, la matière grasse et la lessive s'émulsionnent et commencent à se saponifier. Le départ de la saponification est souvent marqué par une réaction assez vive, et la masse bouillonnante et écumeuse monte dans le chaudron; le chauffage doit être modéré pour éviter le débordement, et même lorsqu'on empâte des huiles très acides avec des lessives de recuit fortement carbonatées, l'arrêt du chauffage ne suffit pas à empêcher l'ascension de la masse; il faut la battre avec des pelles pour faciliter le dégagement de l'acide carbonique et éviter le débordement.

L'émulsion laiteuse se transforme peu à peu en une masse homogène, d'abord fluide, puis de plus en plus épaisse dans laquelle on ne distingue plus d'huile ou de lessive libre si l'opération est bien conduite. On introduit alors une nouvelle quantité de matière grasse, puis de lessive, ou mieux encore on introduit simultanément matière grasse et lessive; la concentration de cette dernière peut être plus élevée que celle employée au début, la saponification n'en progresse que plus rapidement. Finalement, les additions relatives de matière grasse et lessive sont

réglées de manière que, l'ébullition étant arrêtée et l'écume qui recouvre la masse dissipée, on ne distingue plus d'huile libre dans les plis de la pâte; celle-ci est homogène, filante, et si l'empâtage a été poussé à fond avec un léger excès d'alcali, elle est brillante, semi-transparente et présente une réaction caustique à la langue; si l'alcali est en défaut, la pâte reste opaque, terne, blanchâtre et ne manifeste pas de réaction alcaline à la langue. Il peut toutefois arriver que l'empâtage renferme à la fois de l'huile non saponifiée et de la lessive libre, ce qui serait un indice que celle-ci était trop concentrée ou que l'opération a été mal conduite, c'est-à-dire que l'ébullition et l'agitation ont été insuffisantes ou que l'addition de lessive et de matière grasse a été trop précipitée. Dans ce cas, il faut continuer l'ébullition en ajoutant de l'eau à la masse ou en opérant avec le barboteur de vapeur directe.

Relargage. — L'empâtage obtenu représente une solution aqueuse de savons contenant toutes les impuretés des matières grasses (matières colorantes, matières extractives diverses) et des lessives (carbonate et chlorure de sodium, etc.); elle renferme encore la glycérine provenant du dédoublement des matières grasses et peut contenir enfin, selon le cas, un excès d'alcali caustique ou d'huile non saponifiée, parfois même les deux.

Pratiquement, et quelques soins que l'on prenne, la saponification de la matière grasse n'est jamais absolument complète et, pour la terminer, la masse de savon formée doit être soumise à l'ébullition prolongée avec un excès de lessive caustique. Mais avant de procéder à celle-ci, il faut désagréger l'empâtage de façon à séparer le savon, plus ou moins chargé d'huile non saponifiée, de la lessive épuisée qui le tient en dissolution et qui ne renferme plus d'éléments utiles à la saponification. C'est le but du relargage, qui effectue cette séparation en utilisant la propriété qu'ont les savons d'être insolubles — ou *relargués* — dans les solutions alcalines ou salines concentrées. En ajoutant, en effet, à l'empâtage un excès de lessive de soude ou d'eau salée concentrée, ou enfin du sel en nature, la pâte homogène se divise et le savon précipité, relargué, se sépare de la lessive et vient flotter à sa surface en grains plus ou moins volumineux, sans cohésion. La masse relarguée, grenue, friable, ne renferme plus que 35 à 40 % d'eau, mais elle contient, par contre, un excès de soude ou de sel, selon le cas. La lessive épuisée qui s'en sépare contient, en outre, les matières étrangères et les impuretés déjà énumérées, le sel ou la soude employés pour le relargage. Cette lessive est conservée pour être traitée en vue de la récupération de la glycérine qu'elle renferme.

Le relargage nécessite des solutions plus ou moins concentrées, selon la nature du savon; on utilisera, à cet égard, les indications fournies précédemment dans l'étude des matières premières. D'une façon générale, on peut dire que la plupart des savons sont complètement relargués par des solutions de soude ou de sel à 15-18° B., et que seuls les savons de coprah, de palmiste et de ricin nécessitent des concentrations plus élevées.

En pratique, le relargage s'opère généralement de la façon suivante :

Sitôt que l'empâtage est fini, on y ajoute peu à peu, en étaillant en pluie, du sel commun; celui-ci absorbant l'eau qui tient les savons en dissolution, la masse se divise et le savon se sépare de la solution saline d'abord en grumeaux volumineux, puis en grains de plus en plus petits à mesure qu'augmente la concentration de la lessive dans laquelle ils flottent. Le sel doit être ajouté en petite quantité à la fois et bien divisé, afin qu'il se dissolve bien dans l'empâtage et ne tombe pas inutilisé au fond du chaudron, ce qui entraîne d'abord une dépense de sel inutile, puis des inconvénients pour la suite des opérations. La quantité de sel ajoutée sera suffisante quand le savon sera nettement séparé en grains flottants dans la lessive et que celle-ci ne retiendra plus de savon en dissolution, ce qui se reconnaît en abandonnant un échantillon de lessive au refroidissement : elle doit alors rester

liquide et limpide et ne pas se prendre en masse gélatineuse ou se troubler de flocons mucilagineux. La masse, qui bouillait régulièrement sans effort tant qu'elle était homogène, bout maintenant par intermittences, avec des soubresauts et même des projections. L'ébullition est alors arrêtée et la masse abandonnée au repos un certain temps.

Le savon relargué se rassemble à la partie supérieure en une masse opaque, grenue, poreuse, sans cohésion, qui se solidifie rapidement par refroidissement et devient alors très dure, mais friable. Quant à la lessive inférieure, dite *lessive de relargage*, ou *petite lessive*, elle est soutirée ou, selon le terme consacré, *épinée*, et réservée pour la récupération de la glycérine; elle est plus ou moins colorée et renferme toutes les impuretés des matières grasses et des lessives.

Le relargage, au lieu de s'opérer par addition de sel en nature, s'effectue quelquefois au moyen d'une solution concentrée de sel ou de soude caustique, particulièrement quand il s'agit de savons de suif, mais le sel solide est le plus souvent employé.

Cuisson. — La masse de savon relarguée renferme généralement encore des matières grasses non saponifiées ou incomplètement saponifiées, en quantités plus ou moins grandes suivant la perfection de l'empâtage; le savon ainsi obtenu présente encore l'odeur des matières grasses qui le constituent, il est peu soluble, mousse difficilement et est peu détersif. Il serait en outre de mauvaise conservation et rancirait rapidement.

La cuisson a pour effet d'achever la saponification de la masse, soit en opérant la saponification des dernières traces de matière grasse qui peuvent subsister, soit en complétant celle des matières partiellement hydrolysées et restées à l'état de diglycérides ou de monoglycérides; le savon devient ainsi plus soluble, plus mousseux, plus détersif et résistant au rancissement.

Le relargage, en désagrégeant l'empâtage, a rompu l'émulsion dans laquelle étaient englobées les particules d'huile non saponifiée et les a rendues ainsi facilement accessibles à l'action des lessives caustiques, et, pour en opérer la saponification totale, la masse entière est soumise à une ébullition prolongée avec un excès de lessive caustique.

La cuisson s'opère avec des lessives caustiques plus concentrées que celles employées pour l'empâtage, de façon à tenir la pâte en ébullition toujours « ouverte », le savon relargué en gros grains, perméables à la lessive dans laquelle ils flottent et à la surface de laquelle ils sont sans cesse ramenés par le mouvement de l'ébullition.

La durée de la cuisson varie suivant l'importance de la masse saponifiée et la méthode de travail employée; elle peut demander depuis trois et quatre heures jusqu'à plus de dix et douze heures. Autrefois, quand les lessives préparées avec les sodes brutes renfermaient de grandes quantités de sels étrangers et étaient relativement peu riches en soude caustique, il était difficile d'obtenir en une seule fois la saturation complète de la pâte, car il aurait fallu de trop grandes quantités de lessive occupant un volume considérable dans les chaudrons et rendant l'ébullition difficile; aussi s'opérait-elle en plusieurs opérations ou *services*. La masse relarguée était donc soumise à l'ébullition avec une certaine quantité (constituant un service) de lessive plus ou moins riche en soude caustique, et celle-ci était absorbée par la pâte; la lessive épuisée était soutirée — épinée — et remplacée par une nouvelle quantité de lessive plus concentrée et plus riche en soude caustique. Celle-ci était elle-même remplacée après épuisement, et ainsi de suite jusqu'à ce que la cuisson soit considérée comme complète. Le nombre de services ainsi faits pouvait atteindre cinq et six et même plus.

(A suivre.)

E. BONTOUX,

Ingenieur Chimiste (E. C. I. L.)
des Etablissements Rocca, Tassy et de Roux
et de la Société Anonyme
des Savonneries de la Méditerranée,

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

LA RÉPARTITION DE LA VENTE ENTRE LES EXPLOITANTS DE POTASSE
EN ALLEMAGNE⁽¹⁾

(Suite et fin.)

Réglementation de la vente. — Le principe de la réglementation de la vente consiste dans la fixation d'un maximum pour la quantité que peut vendre chaque exploitant afin d'éviter la surproduction ; mais il était à craindre que l'exploitant, empêché de réduire les frais de revient par l'accroissement de la production, ne cherchât à récupérer, sur le consommateur ou l'ouvrier, une partie du bénéfice qui lui échappait ; il était à redouter également qu'il ne fût incité à développer l'exportation et pour cela à consentir aux étrangers des prix plus avantageux qu'aux consommateurs nationaux.

La loi a donc réglementé la vente en déterminant la quantité totale à vendre chaque année, la portion de cette quantité que chaque exploitation de mine peut vendre, et les prix de vente⁽²⁾.

I. — QUANTITÉ TOTALE À VENDRE. — La quantité totale ou « contingent » (art. 7, § 1) est fixée chaque année par un organe ou Comité de répartition : elle est exprimée en quintaux métriques de potasse pure (K²O) et doit être au moins égale au chiffre effectivement atteint pour l'année précédente majoré de 5 % ; le Comité de répartition doit déterminer en même temps la fraction de la quantité totale destinée à la consommation intérieure et la fraction destinée à l'exportation, et, dans chacune de ces fractions, les quantités à livrer en chaque sorte de sels.

La décision du Comité ne peut être attaquée par les exploitants ; mais le président du Comité a le droit (art. 32, § 1) de la porter devant le Conseil fédéral dans un délai de huit jours. Cette mesure est nécessaire pour les consommateurs. En effet, les exploitants disposent de quatre voix sur sept dans le Comité ; leurs intérêts ne peuvent donc être compromis par une décision du Comité ; au contraire, la prépondérance des producteurs peut menacer dans une telle décision les intérêts des consommateurs ; par suite, il faut que le président, nommé par le Chancelier de l'Empire, puisse les sauvegarder par un recours au Conseil fédéral. Toutefois, si cette mesure s'explique par le souci de protéger les consommateurs, elle a également pour effet de donner à l'Etat un pouvoir discrétionnaire sur l'ensemble du fonctionnement du régime : en particulier, il suffirait au Conseil fédéral d'abaisser le contingent pour majorer le produit des taxes appliquées lors d'un excès de vente.

Le Comité doit s'inspirer exclusivement de motifs commerciaux : des motifs d'ordre fiscal ne doivent pas intervenir dans ses décisions. La limite inférieure du contingent est fixée par la loi en raison, non du contingent de l'année précédente, mais de la vente effective. Celle-ci est déterminée par tels moyens que préfère le Comité : la taxe payée par les exploitants est à cet égard une base certaine.

Quant à la répartition du contingent entre le pays et l'étranger, le Comité doit, d'après l'esprit de la loi, subordonner les intérêts de la consommation étrangère à ceux de la consommation nationale : la définition des quantités de chaque sorte de sels à livrer à l'étranger, d'une part, et dans le pays, d'autre part, a également

pour but de sauvegarder l'intérêt national. La loi ne fixe d'ailleurs aucun minimum à chacune des deux fractions du contingent ; l'une ou l'autre d'entre elles peut donc être inférieure à la vente effective de l'année précédente.

Le Comité peut (art. 7, § 2) élever au cours de l'année les chiffres qu'il a d'abord fixés : la majoration doit être détaillée pour chacune des quantités : elle ne peut viser globalement l'ensemble du contingent. Par contre, il ne peut prononcer une réduction. La décision de majoration est laissée à l'initiative du Comité ; la loi n'attribue à aucune autorité le pouvoir de l'y contraindre ; le président peut porter devant le Conseil fédéral une décision de majoration, mais il ne dispose d'aucun moyen d'action contre l'abstention du Comité.

II. — QUANTITÉ À VENDRE PAR CHAQUE EXPLOITATION. — § 1^{er}. *Définition du coefficient de participation.* — La quantité que peut vendre chaque exploitation est déterminée (art. 8) en fonction du contingent : elle est exprimée (art. 9, § 1) par un « coefficient de participation » (*Beteiligungsziffer*) à la quantité totale qui peut être vendue dans l'année. Ce coefficient est donné en millièmes du contingent.

En d'autres termes, chaque exploitant est doté d'un contingent individuel : à ce contingent correspond un titre juridique qui affecte certains caractères et confère certains droits : ainsi il peut être transféré (art. 19, § 3) et il jouit d'immunités fiscales (art. 26) ; en effet, d'une part, l'exploitant peut, sous certaines conditions, transférer son contingent à un exploitant similaire, d'autre part, certains impôts ne frappent que les quantités vendues en dehors de ce contingent.

Le coefficient s'applique non seulement à l'ensemble du contingent, mais encore à chacune de ses fractions, nationale et étrangère, et à chacune des sortes de sels ; en d'autres termes, l'exploitant participe à la vente de chacune de ces catégories, proportionnellement au coefficient qui lui a été assigné (art. 8, § 2). La distinction de la vente à l'étranger, de la vente en Allemagne et de la vente par sortes a pour but d'éviter que l'exploitant ne supprime l'alimentation du marché national ou la fourniture de certaines sortes en vue de se consacrer à l'alimentation de l'étranger, qui consentirait des prix majorés, et à la production des sortes les plus rémunératrices^(*).

Si un exploitant dépasse les limites assignées comme quantités à vendre, il doit payer (art. 26), au profit de l'Empire, une taxe variant selon les sortes de 10 à 18 marcs par quintal métrique de potasse pure. Le Conseil fédéral peut réduire cette taxe :

1^o Pour les exploitants qui dépassent ces limites dans leurs livraisons à des fabriques spéciales existant lors de l'entrée en vigueur de la loi (art. 49). Ce dépassement est toléré si la livraison n'excède pas en sels bruts la quantité de potasse pure reçue par les fabriques pendant la période du 1^{er} mai 1909 au 1^{er} mai 1910 (art. 49, *in fine*). Aux termes de l'ordonnance du Conseil fédéral du 9 juillet 1910, la taxe est réduite de telle sorte que le prix déterminé par unité de potasse pure et augmenté de la taxe, n'excède

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 2, p. 93.

(2) Pour les motifs indiqués ci-dessus, ce dernier point n'est pas traité dans la présente étude.

(*) Déclaration du représentant du Gouvernement devant la Commission, n° 475, p. 29.

pas le prix moyen payé par la fabrique pendant la période précitée; la décision du Comité de répartition portant réduction de taxe peut être attaquée, par l'exploitant, devant le Conseil fédéral, dans le délai d'une semaine. Cette mesure est prise en faveur des fabriques qui ne pourraient s'approvisionner à des prix aussi avantageux et en quantité aussi considérable que naguère; le dépassement permis aux exploitants a pour but de combler le déficit (*); si la fabrique possédait, lors de l'entrée en vigueur de la loi, plus de la moitié d'une mine, aucune taxe n'est appliquée si les livraisons n'excèdent pas la quantité que la fabrique a reçue de la mine pendant la période du 1^{er} mai 1909 au 1^{er} mai 1910.

2° Pour les livraisons effectuées en vertu de contrats souscrits antérieurement au 17 décembre 1909, afin que les prix relatifs aux quantités livrées postérieurement au 1^{er} mai 1910 ne dépassent point, y compris la taxe, les prix antérieurs au 30 juin 1909 (art. 46).

Les taxes sont exigibles à dater de la vente (art. 28, § 1). Le recouvrement des taxes se prescrit (art. 29, § 1) par un délai d'une année, compté du jour de l'exigibilité; la prescription est interrompue (art. 29, § 2) par toute intervention de l'autorité compétente. Si le redevable cherche à se soustraire au paiement, le délai (art. 29, § 1 *in fine*) est porté à trois ans; de plus, il est passible, sans préjudice du paiement de la taxe, d'une amende égale au quadruple de celle-ci, et, à défaut de la possibilité de détermination de la taxe, d'une amende qui peut atteindre 500.000 marcs, et, en cas de récidive, d'un emprisonnement qui peut durer six mois (art. 35, §§ 2 et 3).

L'exploitant jouit d'une tolérance de 10 % au-dessus et au-dessous de son contingent; dans ces limites, il peut compenser son contingent de l'année avec celui de l'année suivante: ainsi, il peut dépasser le contingent, sans encourir une taxe, pourvu qu'il renonce à une quantité équivalente pour l'année suivante (art. 8, § 3), et, en ne l'atteignant pas, il a le droit, l'année suivante, de vendre une quantité équivalente (art. 8, § 4).

Les exploitants qui, par suite de la constitution de leurs gisements, ne peuvent livrer certaines sortes de sels, doivent être autorisés à vendre une quantité équivalente d'autres sortes (art. 8, § 5). Cette faculté légale constitue un droit pour l'exploitant; elle représente l'équitable contrepartie de la limitation apportée à son indépendance; il n'est donc pas tenu d'en faire usage; mais l'exercice en est tracé avec précision: en effet, il est subordonné aux conditions suivantes:

a) La cause de l'impossibilité de livrer certaines sortes doit être la constitution du gisement;

b) Les sortes de sels que l'exploitant ne peut livrer doivent être l'une des suivantes:

NATURE DU SEL	TENEUR EN POTASSE %
Carnallite moulue	9 à 12
Sels bruts moulus	12 à 15
Engrais	20 à 22
—	30 à 32
—	40 à 42
Chlorure de potassium	50 à 60
—	au-dessus de 60
Sulfate de potasse	au-dessus de 42
— et magnésie.	

c) L'équivalence entre la vente des sortes précitées et celle des nouvelles sortes est réalisée si l'exploitant est en mesure d'obtenir un résultat financier égal à celui que lui aurait procuré la vente des sortes primitivement assignées.

D'autre part, pour sauvegarder les intérêts de la consommation nationale, la loi spécifie (art. 8, § 6) que, si l'exploitant ne livre pas l'intégralité de la quantité qui lui est attribuée pour la con-

sommation nationale, la quantité qui lui est assignée pour la consommation étrangère doit être réduite dans la même proportion; le calcul s'effectue en assimilant l'insuffisance de livraison nationale à un excédent égal de livraison étrangère. En d'autres termes, soit:

n , la livraison nationale autorisée;
 e , la livraison étrangère autorisée;
 n' , la livraison nationale effective.

Posons:

$$n - n' = d.$$

Si l'on constate à la fin de l'année que l'exploitant n'a pas livré la quantité d à l'intérieur, la quantité qu'il est autorisé à livrer à l'étranger doit être réduite à $(e - d)$. Dès lors le contingent individuel de l'exploitant est $n + e - d$.

Les coefficients applicables à chacun des 68 exploitants existant lors de l'entrée en vigueur de la loi sont, pour la période qui expire le 1^{er} janvier 1912, fixés par la loi qui a adopté dans la mesure du possible les coefficients du Syndicat (art. 17, § 1). Cette détermination légale est sans appel, à l'exception de 11 exploitants pour qui une élévation peut, sur leur demande, intervenir avant l'expiration de ce délai (art. 47).

A partir du 1^{er} janvier 1912, c'est le Comité (art. 38, §§ 1 et 5) qui fixe le contingent individuel ou désigne les quantités de sortes équivalentes sous réserve d'appel, dans le délai d'un mois, devant une Commission dite d'appel (art. 32, §§ 2 et 3). Les chiffres ainsi déterminés sont tous les cinq ans l'objet d'une nouvelle détermination (art. 7, § 1).

Aux termes de l'Ordonnance du Conseil fédéral du 9 juillet 1910, le Comité doit être saisi d'un plan des travaux, d'une description du gisement et des résultats d'analyse des sondages; il peut commettre des experts.

Si une exploitation cesse, à titre permanent, d'être capable de livrer, sa participation prend fin; le Comité statue à ce sujet (art. 17, § 3); en pareil cas, le contingent individuel de l'exploitation défailante est réparti entre toutes les autres en proportion du coefficient de participation de chacune d'elles.

§ 2. Détermination du coefficient de participation. — Le coefficient de participation se détermine comme suit:

A. Pour les entreprises existantes, le coefficient doit être fixé (art. 9, § 2) d'après trois éléments:

1° L'étendue des gisements reconnus par travaux de mine ou sondages;

2° La nature de ces gisements;

3° La capacité de rendement des installations.

Aucun autre élément (tel que la situation au point de vue des transports, l'importance du capital engagé) ne doit intervenir. Le coefficient peut d'ailleurs varier entre des limites indéterminées; la loi ne lui assigne ni minimum ni maximum.

Le coefficient s'applique à l'exploitation, non à l'exploitant; l'exploitant qui dirige plusieurs exploitations est doté d'un nombre de coefficients égal à celui des exploitations (art. 9, § 3). Toutefois, cette règle comporte une exception.

Si, en effet, une exploitation vient à être divisée, chacune de ses parties, lors même qu'elles sont ultérieurement accrues par des achats, n'est pas en principe considérée comme une exploitation indépendante et devant, à ce titre, être dotée d'un coefficient distinct; elle n'est considérée comme telle que si elle remplit les deux conditions suivantes (art. 10): 1° elle doit être capable, à raison des éléments géologiques et des résultats des travaux de mine et sondages effectués, de fournir annuellement, pendant cinquante ans, au moins 50.000 quintaux métriques de potasse pure (K_2O); 2° elle doit être pourvue d'installations techniques qui lui permettent d'extraire et d'expédier une quantité de sels bruts qui corresponde à son coefficient. D'ailleurs, à titre transitoire, jusqu'au 1^{er} janvier 1912, l'attribution du coefficient à une exploitation détachée d'une exploitation principale n'entraîne aucune

[1] Conf. Débats de la Commission, n° 475, p. 85 et 86.

répercussion sur les coefficients des autres exploitations; seul le coefficient de l'exploitation mère est réduit en conséquence (art. 48).

B. Pour les *entreprises nouvelles*, le coefficient doit être fixé d'abord à titre provisoire pour les deux premières années qui suivent le jour où les travaux de mine ont atteint le gisement de sels de potasse; si, à l'expiration de ce délai de deux années, les conditions de gisement et d'exploitation ne sont pas suffisamment déterminées, l'application du coefficient provisoire se prolonge jusqu'à l'exécution de cette détermination.

Le coefficient provisoire doit être fixé de manière à permettre une mise en valeur et un aménagement réguliers du gisement; il ne doit pas dépasser 50 % du coefficient moyen de l'ensemble des exploitations (art. 12, § 1).

La fixation du coefficient provisoire n'est pas effectuée d'après les éléments qui s'imposent dans la fixation du coefficient définitif; elle se règle d'après les facilités qu'elle doit offrir à l'utilisation des richesses minérales: la loi ne lui assigne qu'un maximum, d'autant nécessaire que le contingent total étant invariable, le contingent individuel des exploitations existantes est réduit d'autant.

Par contre, tant que les travaux de mine n'ont pas atteint le gisement, l'exploitation ne peut réclamer l'attribution d'un coefficient; de plus, elle ne peut l'exiger que si elle est capable de livrer les produits qu'elle extrait (art. 12, § 1).

Lorsque les conditions de gisement et d'exploitation sont suffisamment déterminées, mais au plus tôt à l'expiration du délai susvisé de deux années, le coefficient définitif est fixé; il subit durant les trois premières années une réduction progressive qui élève d'autant le contingent individuel des autres entreprises: cette réduction est de 30 % la première année, de 20 % la deuxième, et de 10 % la troisième; ce n'est donc qu'au début de la troisième année depuis l'attribution du coefficient définitif, c'est-à-dire au bout de cinq ans à dater du jour où les travaux de mine ont atteint le gisement, que l'exploitation jouit de son coefficient définitif.

Ces mesures doivent entraver la formation de nouvelles entreprises, car celles-ci ne peuvent en général se créer qu'au prix d'études, de recherches, de sondages, de construction de bâtiments et d'établissement d'appareils mécaniques: les capitaux engagés attendent donc plusieurs années une rémunération; dès lors, cette improductivité ne peut être admise que dans l'espoir d'une production intégrale dès l'ouverture de l'exploitation. La restriction légale de la vente à l'origine est de nature à décourager les initiatives qui seraient effrayées par des aléas sans compensation: en effet, les installations doivent être établies pour la production complète, et seule une production réduite est tolérée par la loi: en un mot, la rémunération du capital engagé semble devoir être précaire durant les cinq premières années de l'existence de l'entreprise, pendant lesquelles les charges des frais généraux correspondent déjà à l'intégralité de la production. Le législateur paraît, il est vrai, avoir prévu les conséquences d'un tel régime, puisqu'il admet des exceptions en faveur des exploitations d'Etat.

Ces règles fléchissent en effet (art. 12, § 3): 1° en faveur des exploitations dont l'Empire ou un Etat confédéré est propriétaire ou auxquelles il est intéressé pour un tiers au moins; 2° en faveur de toute exploitation, même privée, qui a commencé le fonçage avant le 17 décembre 1909 ou qui justifie de travaux préparatoires sérieux accomplis dans ce but avant la date précitée, lorsque le fonçage ou les travaux ont été continués sans un retard imputable à l'exploitant. La date du 17 décembre 1909 étant celle de la publication de l'avant-projet dont la loi est issue,

les intéressés étaient, à partir de cette époque, prévenus de l'éventualité de certains préjudices à subir ⁽¹⁾. Par dérogation aux règles générales: a) le coefficient définitif est fixé dès que les conditions de gisement et d'exploitation sont précisées, et sans attendre l'expiration du délai susvisé de deux ans; b) ce coefficient ne subit aucune réduction durant les trois premières années de son application.

§ 3. *Modification du coefficient de participation.* — Le coefficient assigné à une exploitation peut être modifié indépendamment de toute détermination nouvelle, c'est-à-dire par voie de simple calcul, à raison soit de conditions étrangères à l'exploitation considérée, soit de conditions inhérentes à celle-ci:

a) Le premier cas se présente lorsqu'un coefficient est attribué à une nouvelle exploitation, puisque le contingent total reste constant.

b) Le second cas se présente pour des motifs, soit techniques, soit économiques; en effet:

1° Si l'exploitation vient à être pourvue d'un second puits d'extraction, communiquant avec le puits principal, le coefficient est majoré d'une quantité égale à 10 % du coefficient moyen de l'ensemble des exploitations (art. 11). Cette majoration est une récompense donnée à l'exploitant qui a établi un second puits et développé par là non seulement la production, mais encore la sécurité et l'hygiène de son personnel ⁽²⁾;

2° Si une partie des terrains miniers dépendant de l'exploitation en est retranchée, le coefficient doit être modifié en conséquence (art. 17, § 3);

3° Si dans l'exploitation, les conditions du travail sont modifiées (art. 13), le législateur a formulé des mesures spéciales ⁽³⁾ pour éviter que les exploitants ne reportent sur leur personnel la charge que la loi leur impose: il a donc spécifié que toute réduction de salaire ou toute prolongation de travail entraînerait une réduction corrélative du coefficient de participation. Toutefois ⁽⁴⁾, la mesure ne doit pas être prise à la suite d'une réduction individuelle de salaire; sinon, un ouvrier pourrait par malignité chercher à nuire à l'exploitant en s'efforçant de ne gagner qu'un salaire moindre que par le passé;

4° Un exploitant peut transférer à d'autres, en totalité ou en partie, l'exercice du droit de vendre la quantité qui lui est attribuée: il peut aussi échanger avec d'autres le droit de vendre des sortes de sels déterminées (art. 19, § 1). Si ce transfert (art. 19, § 2) réduit des ouvriers ou employés au chômage ou s'il diminue leur salaire, l'exploitant qui a transféré l'exercice de son droit est tenu de les indemniser pendant vingt-six semaines de la diminution ou de la perte de ressources qu'ils éprouvent. Si le transfert porte sur plus de la moitié de la quantité, exprimée en potasse pure, qui lui est attribuée (art. 19, § 3), il doit obtenir au préalable l'autorisation de l'autorité centrale d'Etat; cette autorisation est subordonnée à une double condition: 1° les droits à indemnité qui appartiennent au personnel doivent être garantis; 2° les communes intéressées doivent être entendues au préalable.

Maurice BELLOM,

*Ingenieur en chef au corps des mines
Professeur d'économie industrielle
à l'Ecole nationale supérieure des Mines.*

(1) Déclaration du ministre de Commerce à la Commission, n° 475, p. 71.

(2) Débats de la Commission, n° 475, p. 70.

(3) Ces mesures ne seront pas détaillées, conformément au préambule du présent article.

(4) Débats de la Commission, n° 475, p. 43.

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

AUTOMOBILE (INDUSTRIE DE L')

Calcul des pistons pour moteur d'automobile (1).

Les pistons de moteur d'automobile (toujours du type « truck » ou type ouvert) doivent, d'une part, transmettre l'énergie, d'autre part, supporter les composantes latérales produites par la bielle, et jouer ainsi le rôle de crosse.

Voici le calcul du piston pour résister à ces deux efforts :

LONGUEUR DE PISTON. — Elle intervient, puisque le piston sert de crosse. La pression du piston, normalement à la surface intérieure du cylindre, ne doit pas dépasser certaines limites. Sa valeur se calcule d'après la figure 1.

Notations :

L_{co} = longueur de la bielle en pouces anglais (2) ;

R = longueur de la manivelle en pouces ;

P_m = poussée maximum du piston (pression maximum d'explosion P_m par pouce carré, multipliée par la surface du piston en pouces carrés) ;

K_p = pression totale latérale exercée par la bielle sur le

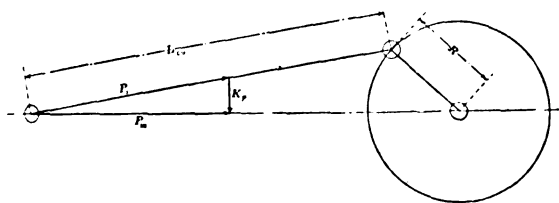


Fig. 1. — Pression du piston normalement à la surface intérieure du cylindre.

piston, normalement à la surface inférieure du cylindre (pression normale unitaire K_p , multipliée par la projection de la surface latérale cylindrique du piston) ;

D = alésage en pouces ;

L_p = longueur du piston en pouces.

Calcul :

Le maximum de $(K_p - \text{totale})$ est une fraction de $(P_m - \text{totale})$, dépendant du rapport $\frac{L_{co}}{R}$.

Si $\frac{L_{co}}{R} = 4$, on a : $(K_p - \text{totale}) \text{ maxi.} = 0,25 (P_m - \text{totale})$.

Si $\frac{L_{co}}{R} = 5$, on a : $(K_p - \text{totale}) \text{ maxi.} = 0,20 (P_m - \text{totale})$.

Or $(K_p - \text{totale})$ est maximum lorsque la bielle et la manivelle sont à angle droit, c'est-à-dire environ à mi-course. Et à ce moment $P_m - \text{totale}$ est certainement inférieure à la moitié de sa valeur maximum. On peut donc écrire, sensiblement :

$(K_p - \text{totale}) = 0,1 (P_m - \text{totale})$. D'où :

$D \times L_p \times K_p = (K_p - \text{totale}) = 0,1 P_m \frac{\pi D^2}{4}$, d'où :

Equation a) : $K_p = \frac{0,078 P_m D}{L_p}$.

Or, pratiquement, il existe entre la longueur du piston L_p et l'alésage D , la relation : $L_p = 1,14 D$.

On peut donc calculer L_p puis K_p .

L'équation a indique des pressions unitaires K_p de 17 à 24

livres par pouce carré de surface latérale de piston projetée, lorsque la pression maxima d'explosion est de 250 à 350 livres (1) par pouce carré.

EPAISSEUR DE LA FACE DE PISTON. — La face de piston peut être plane ou courbe. En général on la fait plane. On peut la renforcer par des nervures, mais ces dernières n'entraînent pas une diminution sensible dans l'épaisseur de la face.

La formule pratique pour pistons avec ou sans nervures est :

$T_{pr} = 0,044 D$;

T_{pr} = épaisseur de la face de piston ;

D = alésage.

T_{pr} varie entre $\frac{1''}{8}$ et $\frac{1''}{4}$ afin de ménager à la fois les conditions de bonne fonte et de refroidissement.

Il est pratiquement impossible de calculer les efforts dans la face de piston. Si on la considère comme une plaque plane maintenue sur les bords, on peut essayer d'appliquer la formule de Bach :

$$T_{pr} = 0,45 D \sqrt{\frac{P_m}{S_b}}$$

T_{pr} = épaisseur de la face de piston, en pouces ;

D = alésage en pouces ;

P_m = pression maximum d'explosion, en livres par pouce carré ;

S_b = Effort longitudinal maximum dans la face du piston, en livres par pouce carré.

On trouve alors que des pressions maxima d'explosion de 250 à 350 livres par pouce carré, produiraient des efforts longitudinaux de 25 000 à 35 000 livres par pouce carré, auxquels la fonte ne résisterait certainement pas d'une façon suivie.

Ce mode de calcul est, par suite, inapplicable, d'autant plus que la plaque constituant la face du piston est de dimensions réduites, et sort des limites d'application de la formule.

On calcule alors la face comme une plaque soumise à un effort de cisaillement tout autour de la circonférence intérieure du piston et supportant la pression totale maximum d'explosion :

$$\pi D_i \times T_{pr} \times S_s = P_m \times \frac{\pi D^2}{4}$$

D_i = diamètre intérieur en pouces de la face du piston ;

T_{pr} = épaisseur de la face du piston, en pouces ;

S_s = effort de cisaillement en livres par pouce carré ;

P_m = pression maximum d'explosion en livres par pouce carré ;

D = alésage en pouces.

Pour une pression maximum d'explosion de 250 à 350 livres par pouce carré, on trouve un effort de cisaillement de 1 400 à 2 400 livres par pouce carré.

NERVURES DE PISTONS. — Elles sont au nombre de deux ou quatre. Il y en a deux dans le plan de la traverse de pied de bielle, et deux dans un plan perpendiculaire.

L'épaisseur de ces nervures varie entre $\frac{1''}{8}$ et $\frac{1''}{4}$, soit en moyenne $\frac{1''}{8}$ à $\frac{3''}{16}$.

EPAISSEUR DU CORPS DE PISTON. — Elle diminue progressivement depuis le centre de la traverse jusqu'au bord de la face ouverte, où elle est en moyenne de $\frac{1''}{8}$ à $\frac{5''}{32}$.

Sous les segments elle est en moyenne : $\frac{3''}{16}$.

1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1941), n° 2, p. 95.

2) Le pouce anglais ou américain = 0''',025.

(1) La livre = 453 gr. 4.

SEGMENTS. — Ils sont en général excentrés.

Le diamètre extérieur D_m de la masselotte ou de l'anneau de masselotte où sont pris les segments est : $D_m = 1,04 D$.

D = alésage.

La figure 2 donne quelques détails de joints et de fixation des segments.

On met en général quatre segments qui ont une largeur de $\frac{1''}{4}$.

L'épaisseur maximum T_r maximum du segment excentré, est :

$$T_{r \max} = 0,04 D + 0,01'' (D = \text{alésage}).$$

Si l'on voulait avoir une tension constante dans le segment, et une pression constante du segment sur la surface intérieure du cylindre, la théorie indique que l'épaisseur doit être maximum à l'opposé du joint, et nulle au joint.

Pratiquement on a :

$$T_{r \min} = 0,637 (T_{r \max}).$$

Les segments sont régulièrement espacés de $\frac{3''}{16}$ entre les bords voisins, depuis la face fermée du piston jusqu'au voisinage de la traverse de pied de bielle.

Les cannelures pour loger les segments ont des profondeurs de $\frac{5''}{32}$ à $\frac{1''}{4}$. On les déduit de la formule :

$$S_d = 0,75 (T_{r \max}) + 0,0875''.$$

S_d = profondeur de la cannelure en pouces.

$T_r \max$ = épaisseur maximum du segment, en pouces.

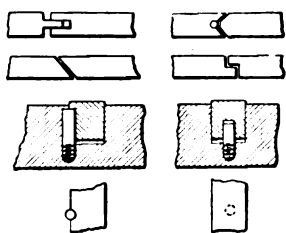


FIG. 2. — Joints et fixations des segments.

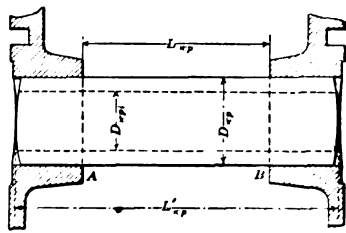


FIG. 3. — Dimension de la traverse de piston.

La largeur de la cannelure est supérieure de $0'',001$ à celle du segment.

JEU DIAMÉTRAL DU PISTON. — Ce jeu est plus grand du côté de la face fermée que du côté de la face ouverte, pour raison de température.

Jeu vers la face fermée : $0,00174 L'' (D = \text{alésage})$.

Jeu vers la face ouverte : $0,001 D''$.

POIDS DU PISTON. — $W_p = 2,06 D - 4,43$ livres ;

W_p poids du piston en livres ;

D = alésage en pouces.

TOURILLON OU TRAVERSE DE PISTON. — Elle est en général creuse, pour raison de poids.

Elle doit :

1° Avoir une rigidité suffisante ;

2° Supporter une pression unitaire raisonnable normalement à sa surface latérale extérieure.

1° *Calcul de rigidité.* — Notations :

D_{wp} = diamètre extérieur en pouces de la traverse de piston ;

$D_{wp'}$ = diamètre intérieur en pouces de la traverse de piston ;

L_{wp} = longueur portante en pouces de la traverse de piston ;

D = alésage en pouces ;

P_m = pression maximum d'explosion en livres par pouce carré de la face du piston ;

S_b = effort unitaire admissible dans les fibres extrêmes, en livres par pouce carré ;

K_{wp} = pression unitaire admissible, normalement à la surface

latérale extérieure de la traverse, en livres par pouce carré de surface projetée ;

I = moment d'inertie de la section de la traverse ;

c = distance de la fibre extrême = $\frac{1}{2}$ diamètre de la traverse.

En nous référant à la figure 3, on considère la traverse comme une poutre supportée en A et B et chargée au centre par la pression maximum totale d'explosion.

Le moment de flexion résultant M_b est alors :

$$(b) \quad M_b = \frac{P_m \pi D^2 L_{wp}}{4} = \frac{S_b I}{c},$$

d'où :

$$D_{wp} = \sqrt[3]{\frac{2 P_m D^2 L_{wp}}{S_b}},$$

$$(c) \quad \text{ou : } S_b = \frac{2 P_m D^2 L_{wp}}{D_{wp}^3}, \text{ pour les traverses pleines.}$$

De même :

$$(cc) \quad S_b = \frac{2 P_m D^2 L_{wp} D_{wp}}{D_{wp}^4 - D_{wp'}^4},$$

pour les traverses creuses.

2° *Calcul de la pression unitaire normale sur la surface extérieure.* — La traverse supporte la pression maximum appelée précédemment P_m totale. Cela a lieu au début de la course du piston, c'est-à-dire au voisinage du point mort.

On a alors :

$$K_{wp} \times D_{wp} \times L_{wp} = \frac{P_m \pi D^2}{4},$$

d'où :

$$(d) \quad D_{wp} = \frac{P_m \pi D^2}{4 K_{wp} L_{wp}},$$

et :

$$(e) \quad K_{wp} = \frac{P_m \pi D^2}{4 D_{wp} L_{wp}}.$$

Pratiquement, on calcule les traverses creuses avec les formules :

$$D_{wp} = 0,34 D - 0'',53 ;$$

$$D_{wp'} = 0,572 D''_{wp} ;$$

$$L_{wp} = 2,25 D''_{wp}.$$

Les résultats sont réunis dans le tableau ci-dessous :

PRESSION d'explosion unitaire maximum	EFFORT unitaire longitudinal maximum S_b par pouce carré	PRESSION unitaire maximum normale à la surface extérieure K_{wp} par pouce carré
250 livres.	23 000 à 29 000 livres.	1 600 à 2 000 livres.
300 —	26 000 à 35 000 —	1 900 à 2 400 —
350 —	32 000 à 40 000 —	2 200 à 2 800 —

On utilise enfin les diverses formules ci-après :

$$L'_{wp} = 0,95 D'' \left\{ \begin{array}{l} L'_{wp} = \text{longueur totale en pouces de la traverse.} \\ D = \text{alésage en pouces.} \end{array} \right.$$

Distance de la traverse à la face du piston = $0,5 L_p$ (L_p = longueur du piston).

Pour les bossages recevant les extrémités de la traverse :

$$D_{wpb} = 1,2 D_{wp} + 0'',25.$$

D_{wpb} = diamètre extérieur du bossage en pouces ;

D_{ep} = diamètre extérieur de la traverse en pouces ;
 Poids de la traverse creuse W_{wp} (en livres) :
 $W_{wp} = 0,276 D - 0,65$ livres (D = alésage en pouces).

C. LONGUE,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

CHEMINS DE FER

Observations sur le renforcement des attelages des véhicules de chemins de fer.

L'augmentation de la puissance des machines, de la vitesse et du tonnage des trains a entraîné un accroissement inquiétant du nombre des ruptures d'attelages, et les Compagnies de chemins de fer ont été amenées à étudier le renforcement des anciens attelages et l'établissement d'un nouveau type, répondant aux nouvelles conditions de l'exploitation.

La question n'est pas particulière à chaque réseau. Un véhicule quelconque doit être capable de figurer dans la composition de tous les trains qui circulent en France, une voiture à voyageurs pouvant être remorquée à vide par un train de marchandises. Il faut, de plus, qu'on n'ait pas à se préoccuper de placer tel ou tel

wagon à une place définie dans un train. Tous les véhicules français doivent avoir des appareils d'attelage également résistants ; aussi la question qui nous occupe est-elle tout à fait générale.

Les efforts statiques auxquels les attelages doivent résister sans déformation permanente ont pour maximum l'effort de traction maximum des machines ayant le poids adhérent le plus fort, soit actuellement environ 13 tonnes.

Quant aux efforts dynamiques, on ne peut les évaluer théoriquement, car

à défaut d'expériences, nous ignorons l'importance des chocs qui peuvent se produire en cours de route, au démarrage ou à l'arrêt. Voyons cependant comment se comporte un système d'attelage sous un choc, et pour cela étudions d'abord sa déformation sous un effort croissant appliqué statiquement au crochet (fig. 1).

La tige de traction s'allonge d'abord élastiquement jusqu'au moment où l'effort atteint la bande initiale du ressort de traction (0-1). Ensuite celui-ci s'écrase et en même temps la tige de traction continue à s'allonger jusqu'à ce que le ressort soit à bloc (1-2). Si l'effort continue à croître, la tige de traction et le châssis se déforment seuls, d'abord élastiquement (2-3), puis d'une manière permanente jusqu'à rupture (3-4).

Considérons maintenant le système d'attelage entre deux wagons A et B d'un train. Le ressort de traction se trouve déjà comprimé de L_0 et sa tension F_0 représente l'effort de traction nécessaire à l'instant considéré pour remorquer les véhicules situés derrière le crochet de traction, ou la bande d'attelage, si les véhicules ont été accouplés à tampons serrés et si cette bande d'attelage est supérieure à l'effort de traction du moment. Supposons, dans ces conditions, la tige de traction tirée brutalement sous un choc de N kilogrammètres. Le système va prendre une déformation L , telle que la surface couverte de hachures soit égale à N .

Comme la partie 2-3 de la courbe de déformation est fortement inclinée, on voit que, si N dépasse

$$\frac{P_1 + P_2}{2} \times l_2 - \frac{P_1 + F_0}{2} \times L_0,$$

une faible augmentation de N correspond à un accroissement très important de l'effort instantané maximum F résultant du choc.

F peut arriver à dépasser p_1 . Le système se déforme alors d'une manière permanente ; il ne se comportera plus aussi bien sous les nouveaux chocs, car la surface correspondant à la partie 2-4 se trouve diminuée de la quantité de travail correspondant à la déformation permanente subie. Après de nombreuses déformations permanentes, on aura une courbe comme celle de la figure 2. Un faible choc suffira alors pour déterminer un effort instantané atteignant la résistance à la rupture.

L'expérience confirme bien que les ruptures sont dues généralement à la superposition de petites déformations permanentes. La statistique montre que, dans plus de la moitié des cas, on a pu constater que les ruptures s'étaient produites à des endroits présentant des fissures anciennes passées inaperçues.

La statistique confirme aussi que le meilleur attelage est celui qui peut absorber élastiquement le plus de travail.

La figure 3 représente la partie 1-2-3 de la courbe de déformation de deux types d'attelage.

La tige de traction a 45 mm. de côté ; les pièces doivent aux essais résister élastiquement à 12 tonnes et ne rompre que sous une charge supérieure à 30 tonnes. Les deux types ont donc exactement la même résistance statique, mais le type n° 2 absorbe moins bien les chocs. D'accord avec la théorie, la statistique montre que le type n° 2 donne 24 % du nombre des ruptures d'attelage, alors qu'il n'est monté que sur 10 % des véhicules auxquels se rapporte ce nombre de ruptures ; autrement dit, le type n° 2 rompt trois fois plus que le n° 1.

Les mêmes considérations s'appliquent aux appareils du choc. La première idée qui vient quand on aborde la question du renforcement des attelages est d'augmenter la résistance des pièces qui les composent. Les réseaux ont adopté pour la plupart une résistance à la rupture correspondant à un effort au crochet de traction de 55 tonnes environ, ce qui paraît convenable.

Pour y arriver, on augmente les dimensions des pièces (traverse de tête du châssis des véhicules, barre et crochet de traction, tiges des tampons de chocs, etc.) ; on emploie, au lieu de fer soudé, de l'acier doux donnant au moins 40 kg. de résistance par millimètre carré de section et 28 % d'allongement à la rupture.

Les considérations ci-dessus montrent qu'il ne faut pas seulement considérer la résistance à la rupture du système, mais aussi son élasticité.

1° APPAREIL DE TRACTION. — Il importe d'augmenter le travail de sa déformation élastique et surtout la partie de ce travail qui correspond à la déformation des ressorts, de manière à diminuer l'effort maximum instantané résultant des chocs supportés par la barre de traction, transmis par cette barre au

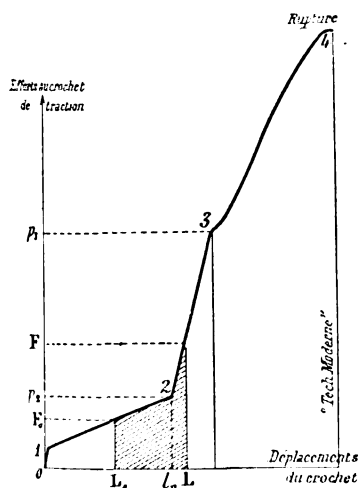


Fig. 1. — Courbe de déformation d'un appareil d'attelage.

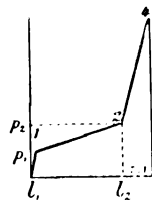


Fig. 2. — Courbe de déformation d'un appareil d'attelage fatigué.

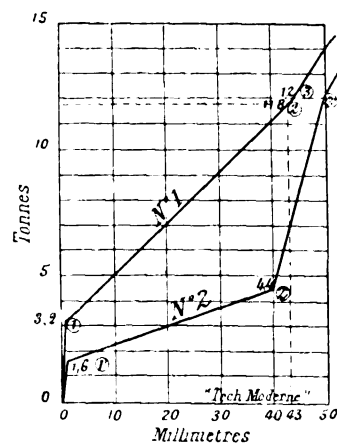


Fig. 3. — Courbes de déformation de deux appareils d'attelage en service.

châssis, qui de son côté doit pouvoir supporter cet effort élastiquement. Il importe donc d'augmenter la bande initiale p_1 , la bande finale p_2 et la course d'aplatissement l_2 du ressort de traction.

Mais il faut tenir compte aussi d'autres conditions d'exploitation, de confort et d'économie.

Il y a intérêt à limiter la course l_2 du crochet de traction pour diminuer l'amplitude des mouvements relatifs des véhicules dans la direction de la voie, suivant les variations de l'effort de traction. Ces mouvements relatifs nuisent au confort dans les trains de voyageurs à tampons serrés, occasionnent des chocs sur les tampons et des réactions fatiguant les attelages, dans les trains de marchandises. Pratiquement l_2 ne dépasse guère 9 cm.

Il y a intérêt à ne pas exagérer la bande d'aplatissement p_2 pour diminuer le prix des ressorts.

Cette bande d'aplatissement doit cependant être supérieure à l'effort maximum de traction, de façon que le ressort soit susceptible d'absorber élastiquement encore, quoique comprimé, un travail suffisant et que la barre de traction n'ait pas à s'allonger, le ressort étant à bloc. Il paraît donc convenable d'adopter 14 à 15 tonnes.

La bande initiale permet, pour une course donnée, d'augmenter le travail de compression du ressort, tout en lui laissant une flexibilité et, par suite, un prix modéré. Dans les trains de voyageurs où les tampons sont serrés avec une bande d'attelage qui doit être supérieure à l'effort normal de traction, cette bande est utile pour éviter une longue manœuvre de la vis des tendeurs dans la formation des trains. Il ne faut pas cependant prendre p_1 trop élevé, car il faut que le ressort de traction joue pour des efforts au crochet de traction assez faibles, sans quoi la barre de traction et la traverse de tête travaillent trop fréquemment sous des chocs sans interposition du ressort, ce qui peut être dangereux eu égard à la résilience du métal. Il paraît convenable d'adopter une bande initiale de 1 tonne.

La flexibilité du ressort de traction se trouve fixée par les trois conditions précédentes. Il y a intérêt pour diminuer le prix des ressorts et pour éviter les chocs dans le démarrage des trains, à employer des ressorts très flexibles, desideratum à balancer avec celui contraire de la faible course.

2° APPAREILS DE CHOC. — Dans les trains de voyageurs, les tampons doivent toujours rester en contact; donc la flexibilité de l'appareil de choc doit être supérieure ou au moins égale à celle de l'appareil de traction et la bande initiale du premier doit être inférieure ou au plus égale à celle du second.

La bande et la course d'aplatissement doivent être aussi grandes que possible, en raison notamment de l'importance de la force vive à emmagasiner pendant les arrêts au frein continu. Mais il ne faut pas les exagérer pour éviter qu'il se produise à l'arrêt des réactions violentes occasionnant des ruptures de l'appareil de traction.

Certains réseaux adoptent l'identité des ressorts de choc et de traction, qui est avantageuse au point de vue de l'entretien et du prix de revient.

Les desiderata exposés ci-dessus sont contradictoires et l'expérience seule indique dans quelle mesure il faut tenir compte de chacun d'eux.

La tendance générale actuelle paraît être d'employer des attelages discontinus à ressorts distincts en volute, tous pareils, d'une flexibilité moyenne de 10 mm. par tonne, s'appliquant sur la traverse de tête des châssis (fig. 4).

Les avantages des ressorts en volute sur les anciens ressorts à lames sont les suivants :

Ils permettent de supprimer le clavetage de la bride et la soudure de la tige de traction. Ils rendent possible la mise en place tout près du point même d'application de l'effort de traction, de deux entretoises de traverse de tête à traverse de tête, solidarissant les traverses intermédiaires du châssis. Cette simplification

diminue considérablement les chances de ruptures d'attelages.

A poids égal, et par rapport aux ressorts à lames, les ressorts en volute sont meilleur marché, moins encombrants et peuvent emmagasiner un travail maximum élastique environ deux fois et demie plus fort.

Mais ils sont beaucoup plus flexibles et il est difficile de les

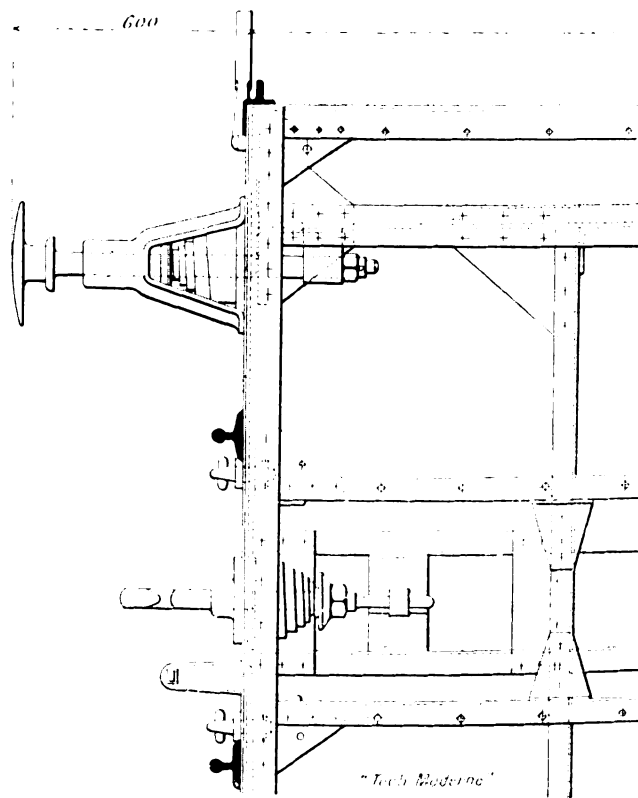
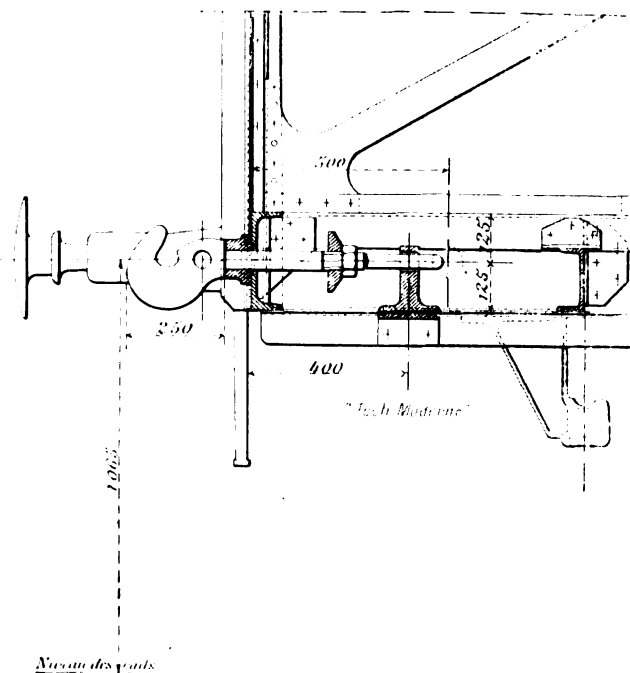


FIG. 4. — Type récent d'attelage. *Élévation et plan.*

fabriquer avec une bande d'aplatissement aussi forte qu'il serait désirable.

Ils présentent des frottements beaucoup plus faibles que les ressorts à lames et renvoient le choc qu'ils ont emmagasiné, sans en absorber par leurs résistances passives une quantité aussi forte qu'il serait désirable; les chocs se répercutent davantage,

les oscillations de lacet et de recul des véhicules s'amortissent moins rapidement qu'avec les ressorts à lames.

Les châssis sont maintenant fabriqués en fer au lieu de l'être en bois. Il ne faut pas leur donner une trop grande rigidité, mais prévoir la possibilité d'une légère déformation élastique, susceptible d'emmagasiner une grande force vive sans rupture.

Les ruptures des pièces d'attelages se produisent surtout :

1° A la barre de traction, aux épaulements sur lesquels portent les chocs ou qui servent pour l'attache du ressort, au voisinage des clavettes, s'il y en a ;

2° Au crochet de traction vers l'endroit où il reçoit la manille du tendeur ;

3° A la manille du tendeur soit à l'œil de l'écrou, soit dans l'une des branches rectilignes.

Il faut soigner les formes des pièces, éviter les angles vifs, de façon que le métal travaille d'une façon uniforme dans toutes ses parties.

Nous avons déjà vu que, dans plus de la moitié des cas, les ruptures se produisaient à des fissures anciennes passées inaperçues. D'autre part, certains appareils ne seront remplacés que pour cause d'usure, après plus de 30 ans de service. Il est bien évident que la déféctuosité et l'hétérogénéité du métal jouent un rôle important dans la production des ruptures d'attelages.

Il importe donc pour les Compagnies de chemins de fer de préciser soigneusement les qualités du métal exigé du constructeur.

Il y a intérêt à employer pour les pièces rigides un métal donnant non seulement une grande résistance à la rupture et une forte limite élastique, mais aussi un allongement élastique aussi grand que possible, pour incliner vers l'axe des abscisses, la partie 2-3 de la courbe de déformation (fig. 1). Il faut donc préciser dans les cahiers des charges l'allongement minimum élastique du métal aussi bien que sa limite élastique et ne pas se borner à indiquer des essais qualitatifs qui n'en donnent qu'une idée grossière.

Il importerait aussi de prévoir dans les cahiers des charges des essais susceptibles de déceler l'hétérogénéité du métal et sa fragilité.

Les essais qualitatifs, à coups de masse, d'élargissement de trous, de ployage de pièces peuvent être trompeurs, car le métal peut être sain à la surface, mauvais à l'intérieur. Les essais statiques de résistance élastique et de rupture sur les pièces finies, de texture, de traction et de pliage sur de grosses éprouvettes obtenues par réduction de la section des pièces finies au moyen de forgeage et d'étrépage, ne peuvent indiquer que la moyenne de la qualité des différentes régions de la pièce. De tels essais ne sont bons que si le métal est homogène.

Une pièce qui aura résisté très bien à de tels essais, pourra présenter en quelques-uns de ses points des résistances bien inférieures à celles que son ensemble aura manifestées. Le travail normal créera en ces points des déformations permanentes, puis des ruptures locales, c'est-à-dire de petites fentes, qui s'étendent dans le métal sain, créant ainsi un point de rupture facile.

Pour s'assurer de l'homogénéité du métal, il faudrait faire des essais quantitatifs, statiques et au choc sur de petites éprouvettes de 1 cm² de section par exemple) découpées dans la masse, exiger non seulement une certaine limite élastique, une certaine résistance et un certain allongement à la rupture, mais aussi un minimum d'allongement élastique et de résilience.

Il n'est pas douteux que de telles exigences dans la réception des pièces d'attelage ne seraient pas acceptées par les constructeurs sans une augmentation importante de prix qu'il faut mettre en regard des avantages obtenus. Or, s'il importe qu'un pont ne s'affaisse pas, qu'un câble de mine ne se rompe pas, qu'une chaudière ne fasse pas explosion, il n'y a pas nécessité aussi impérieuse à supprimer absolument les ruptures

d'attelage, car la plupart d'entre elles n'ont pas de conséquences graves.

A. STOUVENOT,
Ingénieur au corps des Mines.

Culbuteurs de wagons à plate-forme et à rails cintrés (système Pohlig) (*).

On appelle culbuteurs de wagons, des appareils de déchargement au moyen desquels les wagons sont placés dans une position inclinée qui provoque la sortie de la charge par la face avant, qui peut s'ouvrir.

Ce mode de déchargement a le double avantage, pour la manutention des charbons, cendres, terres, etc., d'être rapide et économique.

De plus, les déchargeurs, pouvant être construits pour des capacités élevées, jusqu'à 150 tonnes par heure, permettent de réduire beaucoup l'emplacement nécessaire pour les opérations, d'où résulte une économie qui est souvent suffisante pour couvrir les frais d'installation.

Le service du culbuteur est, d'ailleurs, des plus faciles et il peut être exécuté par un seul homme : il se borne à amener le wagon au culbuteur, à décrocher la porte d'about, à la raccrocher, et à éloigner le wagon vide. Le déplacement du wagon est généralement opéré au moyen d'un cabestan.

Les culbuteurs peuvent être installés de façons très variées ; on en distingue toutefois deux catégories principales : les culbuteurs à plate-forme, qui sont les plus anciens et qu'on utilise depuis longtemps, et les culbuteurs à rails cintrés, avec lesquels le wagon à décharger est amené et tiré, sur des rails cintrés, jusqu'à ce qu'il soit placé dans la position inclinée voulue.

Dans le système le plus connu de basculeur à plate-forme, le

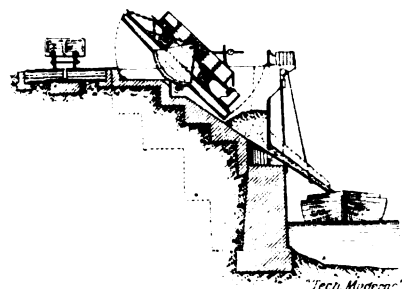


Fig. 1. — Culbuteur automatique à plate-forme.

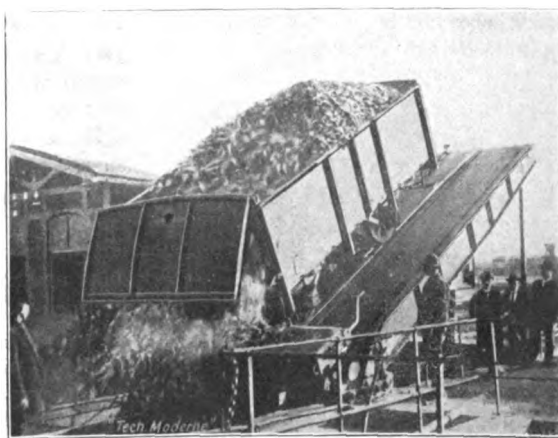


Fig. 2. — Culbuteur électrique à plate-forme (exécuté pour une sucrerie en Silesie).

wagon à décharger est poussé sur une plate-forme qui peut basculer autour d'un axe placé dans le voisinage du milieu, et dont l'équilibre est rompu lorsqu'on y pousse un wagon chargé.

Le wagon, poussé sur la plate-forme, vient s'arrêter contre des butoirs et il est retenu par un crochet, prenant l'essieu postérieur, ainsi que par une chaîne accrochée à l'arrière du wagon.

La plate-forme est munie d'un frein à contrepoids, qui permet

(1) D'après des appareils ayant figuré à l'Exposition de Bruxelles.

de l'arrêter dans une position quelconque et de régler la vitesse de chute; sur l'axe est monté un engrenage à manivelle à l'aide duquel on peut faire tourner la plate-forme à la main.

Ce système n'est évidemment utilisable que si l'on dispose d'une profondeur suffisante; il est employé pour décharger des wagons dans des bateaux, dans des trémies placées en contre-bas, etc.

Dans d'autres cas, on doit recourir à une plate-forme pivotant

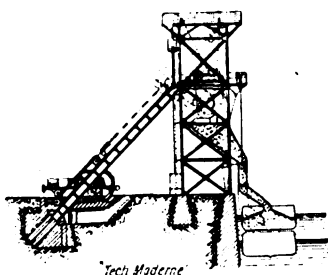


FIG. 3. — Ascenseur de wagon avec dispositif de culbutage.

autour de l'un de ses petits côtés et soulevée au moyen d'une machine agissant vers le milieu.

La plate-forme est équilibrée par un contrepoids, pour pouvoir basculer aussi facilement que possible; néanmoins, un moteur est nécessaire pour l'actionner; on emploie avantageusement un moteur électrique.

Un dispositif de sûreté empêche que la plate-forme retombe, en cas de rupture du mécanisme, et descende plus vite que le permet la marche normale de celui-ci.

S'il est nécessaire que le déchargement se fasse plus haut que le niveau des rails, le wagon est amené sur une plate-forme suspendue à un châssis roulant sur des rails en plan incliné.

Un treuil sert à tirer le tout jusqu'au sommet du plan, où, le chemin de roulement de la plate-forme devenant horizontal, la plate-forme bascule et avec elle le wagon, dont le contenu est déversé dans une trémie qui se décharge à son tour par une goulotte.

La plate-forme est équilibrée de manière que le mouvement s'effectue avec le minimum de force et sans danger; un dispositif d'arrêt automatique la met à l'abri des chutes accidentelles.

Le culbuteur à rails cintrés possède, comparativement aux systèmes anciens, l'avantage de pouvoir être construit sous forme de machine complète et indépendante, ne demandant pas de fondations et pouvant servir dans la plupart des cas susceptibles de se présenter.

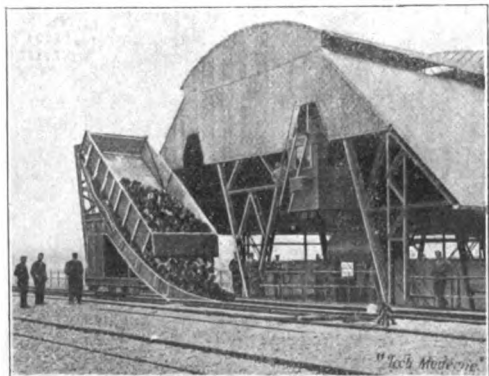


FIG. 4. — Culbuteur amovible à rails cintrés (exécuté pour une usine à gaz en Hollande).

Il se compose en principe de deux rails cintrés supportés par une charpente de fer, dans une position inclinée de 45 à 55°; un treuil est employé pour tirer le wagon sur la voie oblique ainsi constituée; ses chaînes s'accro-

crochent à l'essieu d'avant du wagon, dont les roues sont préalablement amenées sur un petit chariot les empêchant de tourner.

L'accrochage des chaînes et le décrochage se font automatiquement; le wagon, décroché, après la descente, est lancé sur la voie et il peut être dirigé du côté voulu au moyen d'un aiguillage ou d'une plate-forme.

Dans la position supérieure, l'extrémité du wagon se trouve à 1 mètre des rails environ.

Ces culbuteurs à rails cintrés peuvent être exécutés comme appareils fixes ou comme appareils amovibles, roulants; dans cette dernière forme, surtout, ils sont d'un emploi très facile.

L'actionnement est ordinairement effectué par une machine à vapeur.

Le XVI^e Congrès international de tramways et de chemins de fer d'intérêt local (Bruxelles, 6-11 septembre 1910).

(Suite ¹).

TRAVERSES EN BOIS, MÉTALLIQUES ET AUTRES EMPLOYÉES DANS LES CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET LES TRAMWAYS. — Le rapporteur, M. E.-A. Ziffer, a publié sur les divers systèmes de traverses employés un rapport des plus complets.

En ce qui concerne les traverses en bois, les moyens employés pour augmenter leur durée sont :

1^o *L'imprégnation à l'aide de substances antiseptiques* : sublimé, sulfate de cuivre, chlorure de zinc, créosote.

65 % des Compagnies de chemins de fer emploient la créosote. Les prix d'imprégnation sont les suivants au mètre cube de bois imprégné : chlorure de zinc, 7 fr. 35; sulfate de cuivre, 8 fr. 10; sublimé, 13 fr. 35; créosote, 17 fr. 85.

La durée en années des traverses de diverses essences suivant le liquide antiseptique est indiquée dans le tableau ci-dessous :

ESSENCES	NON IMPRÉGNÉES	IMPRÉGNÉES PAR			
		Sulfate de cuivre	Chlorure de zinc	Chlorure de zinc plus 10 % de créosote	Créosote
Chêne. . . .	12-15	14-16	16	18-20	25
Hêtre. . . .	2-3	15-18	5-8	14-16	30-35
Mélèze. . . .	7-8	12-15	9-15	15-18	18-24
Pin ou sapin. . .	5-7	6-7	7-12	13-15	15-18

2^o *Le chevillage ou tirefondage des traverses en bois.* — Les divers systèmes de chevillage sont :

Le système Albert Collet, qui consiste en une vis en bois dur (trenail) que l'on enfonce dans la traverse;

La cheville lisse de W. Friedericia, employée surtout dans le cas où les rails sont fixés par crampons;

Le système Thiollier, consistant en une cheville d'acier munie intérieurement de spires de même pas que celles du tirefond et filetée extérieurement. Un filet identique est creusé dans la traverse à l'aide d'un outil spécial.

Le tirefond Lakhowsky. — Ce tirefond, déjà ancien, consiste en un boulon portant un écrou conique muni d'ailettes; l'écrou est enveloppé par deux pièces demi-cylindriques en fer qui s'écartent l'une de l'autre et s'impriment profondément dans le bois de la traverse dès qu'on visse l'écrou.

Non seulement l'emploi du chevillage se fait pour prolonger la durée de traverses usagées, mais il se fait également sur des traverses neuves.

3^o *L'interposition de fourrures en feutre ou en bois dur entre la traverse et le rail.*

Traverses en fer. — Les traverses en fer présentent l'inconvénient de ne pouvoir être ancrées dans le ballast aussi solidement que celles en bois. Ces traverses fatiguent plus le ballast que celles en bois.

En Amérique, on a employé avec un certain succès la traverse Carnegie en forme de I à base large.

Deux autres types de traverses métalliques, la traverse Hansen et la traverse Boughton, ont été employés en Amérique, mais d'une façon générale l'avantage reste à la traverse en bois.

Traverses en béton armé. — En ce qui concerne ces traverses, de nombreux types sont essayés actuellement; toutefois, ces essais ne sont pas encore assez avancés pour pouvoir émettre un jugement définitif sur leurs avantages et leurs inconvénients.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 2 (février 1911), p. 98.

USURE ONDULATOIRE DES RAILS. — Le rapporteur de cette question était M. A. Busse.

L'usure ondulatoire des rails sera traitée ultérieurement dans *la Technique Moderne*.

PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS DANS L'ÉTABLISSEMENT DES VOIES DES TRAMWAYS URBAINS (M. A. Busse, rapporteur).

Pose de la voie. — L'établissement de la voie sur une chaussée spéciale à l'intérieur de la chaussée des voitures présente de nombreux avantages (moindre danger pour la circulation des voitures et des piétons, non obligation de toucher à la voie lors des réfections de la chaussée, rapidité des communications, etc.).

L'on peut en outre, comme l'ont fait plusieurs villes allemandes, gazonner la partie de la chaussée qui est ainsi réservée aux tramways, ce qui donne un aspect agréable à l'ensemble des voies de communication. Enfin l'entretien de la voie coûte moins cher, car on n'a pas à modifier la chaussée lorsqu'on a des réparations à faire. Quand la largeur de la rue ne permet pas d'employer ce système, on peut paver la partie comprise entre les voies et asphalter l'autre partie de la rue.

Superstructure. — Au point de vue économique, il convient de donner aux rails la plus grande longueur admissible, pour diminuer le nombre des joints.

Quant aux profils employés, ils sont nombreux, et leur énumération sortirait du cadre de ce résumé.

En tous cas, les résultats acquis relatifs aux profils à donner aux surfaces de roulement des rails et aux bandages ne sont encore ni terminés ni définitifs.

L'usure rapide des rails a conduit les exploitants à utiliser les aciers au titane, au manganèse, au nickel, etc. Les essais entrepris avec ces aciers spéciaux ont, en général, été satisfaisants. Ces essais continuent d'ailleurs normalement, et les aciéries cherchent toujours à améliorer la qualité de leurs aciers.

La question de l'éclissage des rails a fait de grands progrès. De nombreuses Compagnies sont arrivées à poser les rails complètement jointifs, les barres entièrement noyées dans le revêtement étant moins influencées par les variations de température.

Les Compagnies qui emploient des joints soudés réservent néanmoins des joints de dilatation à des intervalles variant de 70 à 500 mètres.

Pour donner plus de résistance aux éclissages, on se sert de plaques de serrage.

Le joint à éclisse Melaun, bien que d'un prix élevé, a été très employé et avec succès.

Le procédé d'éclissage par fusion, système Falk, est également utilisé avec succès à Bruxelles, à Rotterdam et à Paris.

Partout où le soudage aluminothermique par le procédé Goldschmidt a été appliqué, les Compagnies ont été d'accord pour déclarer que ce joint se comporte beaucoup mieux que le joint à éclisse simple et que, par suite, la durée des voies est prolongée et le matériel mieux ménagé.

Enfin le soudage électrique des rails, et surtout le soudage électrique des éclisses, ont donné ces derniers temps des résultats très satisfaisants.

En ce qui concerne les contacts électriques, une bonne conductibilité a été obtenue avec les anciens procédés, fils, câbles, etc.

Il y a lieu enfin de mentionner les efforts faits ces derniers temps en vue de l'établissement d'appareils de changements de voies capables de résister aux plus grands efforts.

Infrastructure. — Les soubassements et la couverture des voies ont en général subi peu de perfectionnements depuis le dernier Congrès.

Les différences d'élasticité des matériaux en contact ainsi que les mouvements imprimés aux rails par les voitures de tramways et par les autres véhicules créent, le long de ces rails, des dépressions et des trous qui entraînent finalement la destruction complète de la couverture et de son soubassement. Il convient donc

d'attacher une grande importance à l'obtention d'une grande résistance du soubassement et du revêtement des voies. Il serait superflu de décrire ici les procédés employés à ce point de vue qui sont des plus divers (béton, bois, fer, etc.).

(A suivre.)

Fernand DUBAR,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Régulateur automatique de vitesse pour moteur de ventilateur, de pompe, de compresseur, etc. (Système Cutler-Hammer-Mason).

Ce régulateur est spécialement destiné au contrôle de la vitesse des moteurs électriques actionnant : les ventilateurs dans les installations à tirage forcé, les pompes alimentaires de chaudière, les compresseurs à gaz, etc.

Il agit de façon à maintenir pratiquement constante la pression dans les conduites de refolement. Dans le cas d'installation à tirage artificiel, on le place sous l'influence de la vapeur : aussi longtemps que la pression reste constante, il ne produit aucune variation de vitesse; dès que la pression se modifie, le régulateur augmente ou diminue automatiquement la vitesse du moteur, activant ou ralentissant ainsi le tirage.

Le système peut être employé avec un moteur à courant continu ou avec un moteur à courant alternatif : dans le cas d'un moteur

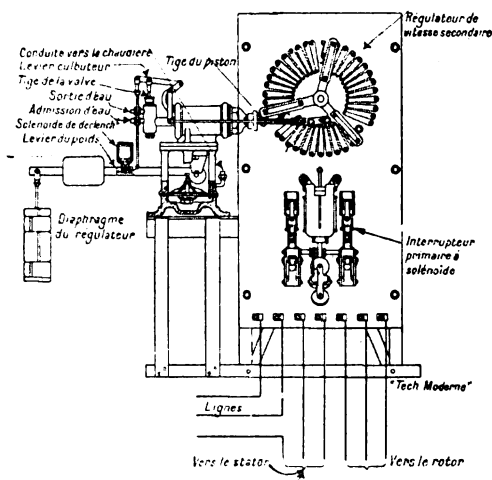


FIG. 1. — Schéma de la régulation automatique d'un moteur à courant triphasé.

constant, il ne produit aucune variation de vitesse; dès que la pression se modifie, le régulateur augmente ou diminue automatiquement la vitesse du moteur, activant ou ralentissant ainsi le tirage.

Le système peut être employé avec un moteur à courant continu ou avec un moteur à courant alternatif : dans le cas d'un moteur

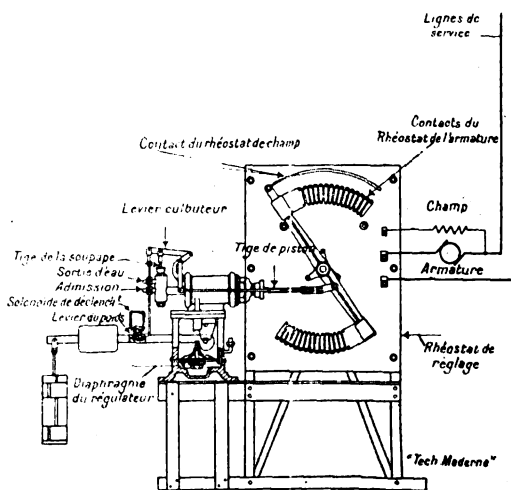


FIG. 2. — Schéma de la régulation automatique d'un moteur à courant continu.

courant alternatif, triphasé (fig. 1), la régulation est obtenue par variation de la résistance dans le circuit induit; on emploie un moteur à bagues. Dans le cas d'un moteur à courant continu (fig. 2), la variation de vitesse est acquise par réglage rhéostatique et par réglage du champ.

L'appareil se compose d'un panneau d'ardoise portant les segments de contact sur lesquels se déplace le levier et d'une cage contenant les résistances (fig. 3). Le levier est actionné par le piston d'un cylindre hydraulique ou pneumatique, dont les valves d'admission et de décharge sont contrôlées par un diaphragme manométrique soumis à l'action de la vapeur, du gaz, etc. La pression d'eau ou d'air nécessaire est de $1\frac{3}{4}$ d'atmosphère approximativement. L'action de la vapeur est normalement contrebalancée par un levier à contrepoids, qui se lève ou s'abaisse en déplaçant la valve du cylindre hydraulique, selon que la pression augmente ou diminue. Le levier complètement abaissé détermine l'admission de l'eau dans le cylindre. Le régulateur donne alors la vitesse maxima : le rhéostat-série est entièrement hors circuit et le rhéostat de champ entièrement dans le circuit. Quand le tirage s'accroît, la production de vapeur augmente, la pression s'élève dans les chaudières, et le diaphragme soulève

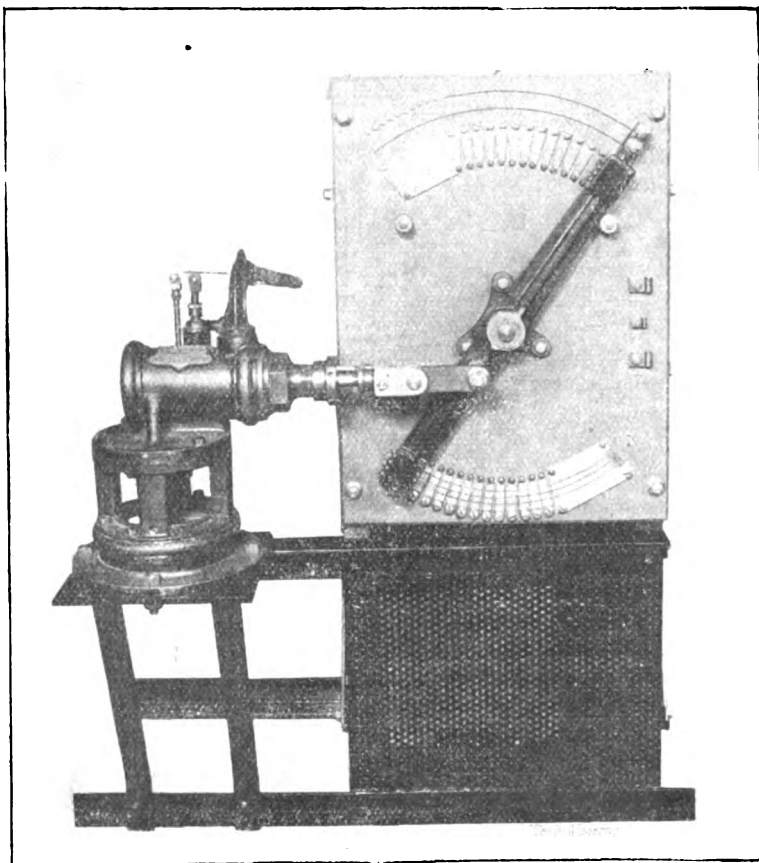


FIG. 3. — Régulateur automatique de vitesse.

le levier, ce qui, au bout d'un certain temps, détermine l'envoi de l'eau sous pression sur l'autre face du piston qui est poussé. Une partie du rhéostat de l'induit est mise en série par le régulateur, qui renforce peu à peu le champ jusqu'à ce que la vitesse devienne maximum, si la pression continue d'augmenter.

Toutefois, le levier du rhéostat n'a pas un mouvement continu et uniforme; il procède par saccades, suivies de temps de pose. Ceci résulte du mode de liaison établi entre le levier de la valve distributrice et le système moteur. Un culbuteur est inséré sur cette liaison, l'une de ses extrémités étant connectée au levier et l'autre à la tige du piston; ainsi, dès que le piston se déplace, le culbuteur réagit sur le levier, en sens inverse de l'effort exercé par le levier à contrepoids du régulateur. Les variations de pression extrêmes ne dépassent pas 0,1 atmosphère.

L'appareil est protégé par un solénoïde à déclenchement automatique, monté sur le levier du régulateur, et dont le noyau est relié au levier du distributeur. Lorsque le courant est établi,

l'attraction magnétique rend les deux parties intéressées solidaires; si le courant vient à être coupé, volontairement ou accidentellement, l'accouplement cesse, et, sous l'action d'un ressort, la valve du cylindre moteur est chassée dans la position d'arrêt, tandis que le régulateur est ramené à la position correspondante, le rhéostat-série en ligne et le rhéostat shunt hors circuit. L'appareil est donc régulièrement remis en ordre de marche.

Dans les appareils pour courant triphasé, un interrupteur primaire à solénoïde est combiné au régulateur pour arrêter le moteur lorsque la pression devient excessive dans les conduites. M.

FILATURE ET TISSAGE

Nouveaux moteurs électriques spéciaux pour la commande des métiers à filer continus.

Pour compléter les renseignements que nous avons donnés dans une note précédente ⁽¹⁾ relativement à la commande électrique des métiers à filer continus, nous croyons utile de décrire quelques types spéciaux de moteurs étudiés pour cette application par la Société alsacienne de constructions mécaniques.

MOTEURS MONOPHASÉS A COLLECTEUR. — Ce moteur permet de régler la vitesse dans de très larges limites; ce réglage peut être rendu automatique par l'adjonction d'un organe très simple d'asservissement. La figure 1 reproduit la courbe de rendement d'un moteur de ce type ayant une puissance de 7,5 chevaux. La figure 2 montre la vue d'ensemble de ce moteur.

MOTEURS TRIPHASÉS A COLLECTEUR ET A VITESSE VARIABLE. — Ce type de moteur résout le problème du réglage étendu de la vitesse angulaire (en dessus et en dessous du synchronisme) des moteurs triphasés avec un rendement sensiblement constant.

L'une des particularités caractéristiques des moteurs asynchrones polyphasés, munis d'un induit fermé sur lui-même, est que leur vitesse angulaire, pour une charge donnée, est liée à la fréquence des courants qui l'alimentent. Pour réduire la fréquence de ces moteurs, on ouvre le circuit de l'induit et on y intercale, par l'intermédiaire de bagues et de balais, des résistances qui ont l'inconvénient d'absorber, sans aucun effet utile, la puissance correspondant à la réduction de vitesse obtenue. Pour éviter cet inconvénient, la Société alsacienne a réalisé une disposition qui permet de restituer au réseau une grande partie de la puissance qui, dans les moteurs ordinaires, est dissipée dans les résistances. Dans ces conditions, on peut faire fonctionner le moteur à vitesse réduite, tout en obtenant un rendement sensiblement égal à celui d'un moteur tournant à sa vitesse normale.

Ce dispositif consiste à munir le rotor d'un collecteur qui remplit le rôle de transformateur de fréquence. Sur ce collecteur frottent trois balais disposés à 120° l'un de l'autre et qui sont reliés au réseau d'alimentation par l'intermédiaire, soit d'un transformateur à nombre de spires variable, soit d'un survolteur à tension secondaire variable. On conçoit facilement que si cette tension variable est de sens contraire à la tension induite dans le rotor, la vitesse doit diminuer de ce fait. L'énergie qui, dans le cas du réglage obtenu par l'insertion de résistances, se trouve perdue, est, grâce à ce dispositif, restituée au réseau au moyen du transformateur ou du survolteur. Si la tension appliquée au rotor est de même sens que la tension induite, on envoie de l'énergie à la fois dans le stator et dans le rotor, ce qui a pour effet d'augmenter la vitesse et de lui faire prendre des valeurs supérieures à celle du synchronisme. Dans ces conditions, les limites de réglage de la vitesse du moteur à

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 11 (nov. 1910), p. 641.

collecteur sont plus étendues que celles du moteur triphasé ordinaire.

Dans les cas où la vitesse doit varier dans des limites très étendues, ce qui est le cas de la commande des métiers à filer, il convient d'utiliser un survolteur-dévolteur à induction qui présente sur le transformateur le grand avantage de ne pas comporter de contacts, ce qui supprime les étincelles.

La figure 3 représente un moteur triphasé à collecteur d'une puissance de 15 chevaux, fonctionnant à la vitesse angulaire normale

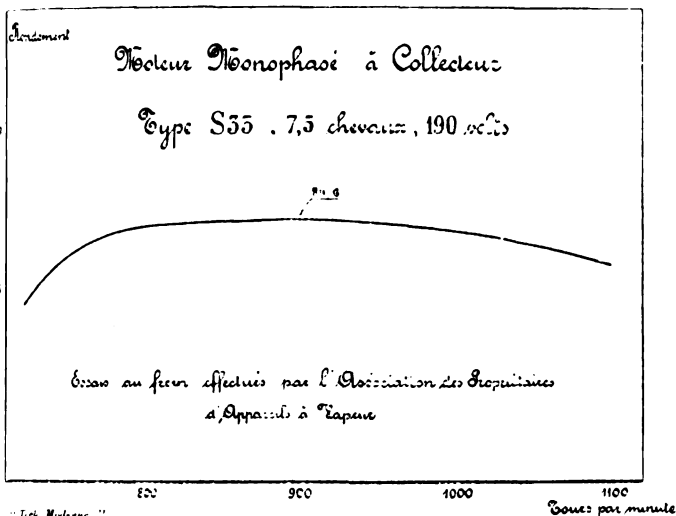


FIG. 1. — Courbe de rendement.

de 1000 tours par minute. Les balais sont munis d'une manette de décalage qui n'est utilisée que pour la mise au point définitive. Un interrupteur placé sur le survolteur commande à la fois les stators du moteur et du survolteur. Les rotors des deux appareils sont reliés comme l'indique le schéma (fig. 4).

Une fois le démarrage obtenu, on fait varier la vitesse en décalant le rotor du survolteur au moyen d'un volant à main. La vitesse d'un moteur de 15 chevaux a pu être réglée entre 118 et

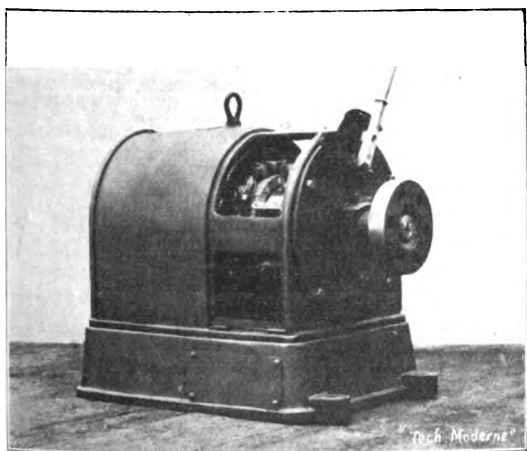


FIG. 2. — Moteur monophasé à collecteur de 7,5 chevaux.

1335 tours par minute, c'est-à-dire dans le rapport de 1 à 13, avec un rendement encore bon aux faibles vitesses.

MOTEUR TRIPHASÉ, SYSTÈME MEYER, A DÉMARRAGE AUTOMATIQUE. — Ce type de moteur présente certains avantages qui ont été énumérés dans la note précitée.

Comme le montre la figure 5, l'induit comporte deux enroulements, l'un en fer F et l'autre en cuivre C. Les barres de fer sont

reliées des deux côtés de l'induit par des bagues, constituant ainsi une cage d'écureuil très solide. Les extrémités de l'enroulement en cuivre sont reliées à un coupleur placé en bout de l'induit, ce qui permet de mettre cet enroulement en court-circuit soit à la main, soit à l'aide d'un dispositif à force centrifuge. Lorsque les moteurs dépassent une certaine puissance, l'enroulement en cuivre est court-circuité en deux temps.

La figure 6 donne le schéma d'installation de ce moteur.

Son fonctionnement est le suivant : au moment du démarrage,

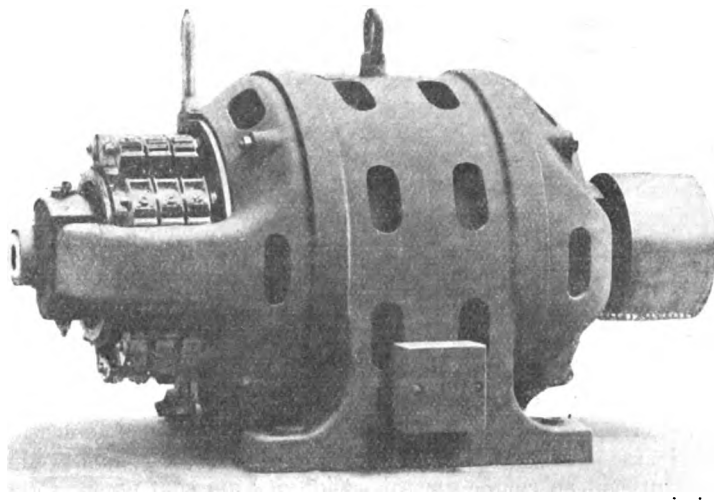


FIG. 3. — Moteur triphasé à collecteur de 15 chevaux.

le levier du coupleur doit se trouver dans la position « Arrêt », afin d'ouvrir le circuit de l'enroulement en cuivre. On ferme ensuite l'interrupteur de ligne. On envoie ainsi le courant dans le stator du moteur. Le moteur absorbe alors un courant dont l'intensité dépend de l'impédance du moteur, impédance dont la valeur, pendant le démarrage, est donnée par la résistance de la cage d'écureuil, c'est-à-dire par celle de l'enroulement en fer.

Le rotor se trouvant à l'arrêt, la fréquence du courant qui

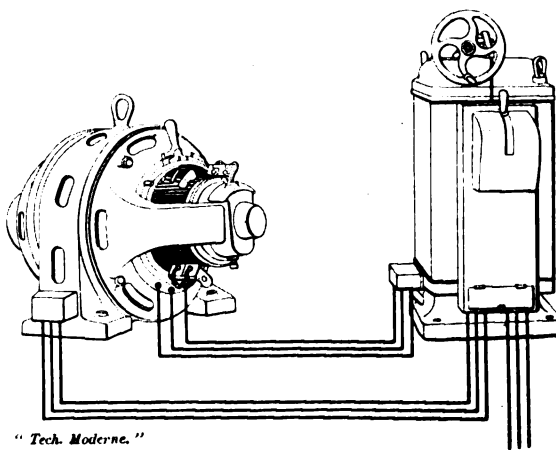


FIG. 4. — Connexions du moteur avec le survolteur.

passé dans l'enroulement en fer est maximum et égale à celle du courant circulant dans le stator. Comme on le sait, un conducteur en fer parcouru par un courant alternatif présente une résistance apparente d'autant plus élevée que la fréquence du courant est plus grande. Ainsi, par exemple, l'impédance d'un conducteur en fer dans lequel passe un courant alternatif à 50 périodes est 3 à 4 fois plus grande que lorsqu'il est parcouru par un courant

continu. Dans ces conditions, on comprend facilement qu'au moment de la fermeture du courant sur le stator, la cage d'écuriel de l'induit présente une très grande impédance; il en résulte que l'intensité du courant dans le stator est relativement faible.

Une fois le moteur en route, il atteint une certaine vitesse qui

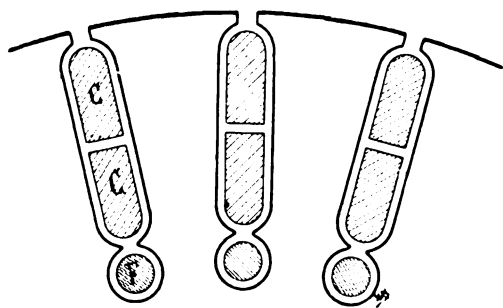


FIG. 5. — Enroulement de l'induit du moteur triphasé (système Meyer).

dépend du couple à produire. En admettant le couple normal, cette vitesse est d'environ 60 % celle de la vitesse en marche. Pour amener le moteur à sa vitesse normale, il suffit de mettre l'enroulement en court-circuit en amenant la manette du levier dans la position « marche », soit en une fois pour les moteurs de faible puissance, soit en deux temps pour les moteurs de puissance plus élevée.

Ces moteurs ont été étudiés pour que, lors de la fermeture de l'interrupteur du stator, le courant absorbé par le moteur ne dépasse pas 1,25 à 1,4 fois l'intensité normale, le couple produit étant égal au couple normal, conditions qui sont presque aussi

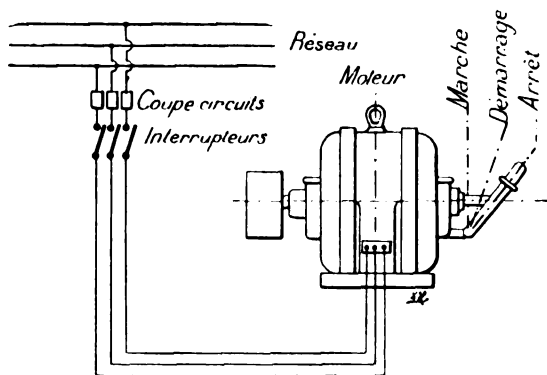


FIG. 6. — Schéma d'installation d'un moteur triphasé (système Meyer).

favorables que celles que l'on obtient avec un moteur à bagues et avec le démarrage à l'aide d'un rhéostat.

Ce nouveau type de moteur peut remplacer avantageusement les moteurs ordinaires à bagues dans toutes les applications nécessitant, au démarrage, un couple relativement faible. Il peut fonctionner sans inconvénient dans des locaux poussiéreux ou dangereux sans risque d'incendie.

J.-A. MONTPELLIER.

GÉNIE MARITIME

Le Dock de relevage pour sous-marins « Vulkan » de la marine allemande.

L'accident survenu récemment au sous-marin U₃ de la marine allemande, accident au cours duquel un rôle important a été joué par le dock de relevage *Vulkan*, nous amène à donner la description de ce dock.

Aussitôt qu'elle a mis des sous-marins en service, l'Amirauté allemande s'est préoccupée de créer les moyens propres à leur porter rapidement secours en cas d'accident. A la suite d'un concours, la construction d'un bateau ou dock de relevage a été confiée aux chantiers Howaldt (*), de Kiel, qui en avaient dressé

les plans. Ce bateau est capable de suivre les sous-marins dans leurs exercices.

Il se compose, ainsi que le montrent les photographies ci-après (fig. 1 et 2), de deux flotteurs laissant entre eux un certain espace. C'est entre ces deux flotteurs que le sous-marin à secourir est hissé. Ces flotteurs sont réunis à l'avant et à

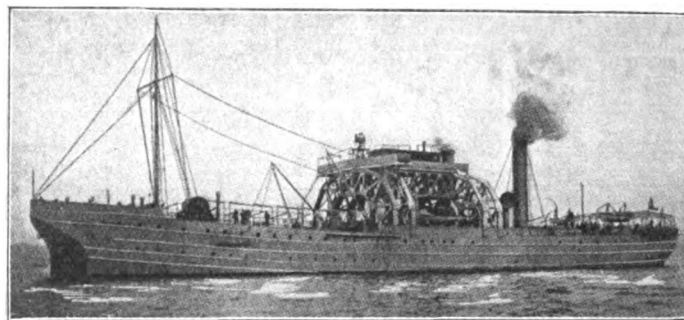


FIG. 1. — Vue latérale du *Vulkan*.

l'arrière par une arche laissant le passage de l'eau entre eux pendant la marche.

Les appareils de levage sont au milieu de la longueur, sur une plate-forme supportée par un arc quadruple en tôle et acier forgé. Cette plate-forme, située dans l'axe, porte, en outre, la passerelle et l'abri de navigation, ainsi que les appareils de commande des moteurs de propulsion. L'arc en tôle qui la supporte est construit de façon à ne pas donner de poussée horizontale tendant à écarter les flotteurs. Quand le sous-marin est remonté entre les deux flotteurs, on l'échoue, par l'intermédiaire de tins, sur 8 traverses (orientables autour d'axes verticaux), qui, pendant la remontée, se trouvent situées longitudinalement sur les flancs du dock, et que l'on place en travers dès que le sous-marin est assez haut pour le permettre. A ce moment, elles servent non seulement de support, mais encore de consolidation, en réunissant les deux flotteurs (fig. 3).

Afin de ne pas trop charger les pivots des traverses au moment de l'échouage, il existe un dispositif permettant de libérer complètement le pivot supérieur dès que la traverse est orientée et fixée du bord opposé. Une galerie intérieure permet la circulation tout autour du sous-marin, à peu près au niveau des traverses.

M. V. Klitzing, qui a été chargé du calcul des arches des extrémités et de l'arc supportant les appareils de levage, signale les difficultés en face desquelles il s'est trouvé, en raison de la nouveauté des problèmes à résoudre et du manque de données pratiques sur les effets de la mer sur un bâtiment de ce type. Il dut se borner à donner aux charpentes des formes simples, de façon à permettre un calcul facile des efforts statiques, et à calculer très largement toutes les pièces. L'arc du milieu et les traverses ont été calculés, non seulement pour pouvoir supporter le sous-marin, mais également pour servir de liaison entre les flotteurs.

L'appareil moteur du dock présente des dispositions intéressantes et nouvelles : cet appareil est double et comporte de chaque bord une hélice actionnée par un moteur électrique. Le courant est fourni à ce moteur par un groupe électrogène à turbine à courant continu, sur l'arbre duquel sont deux excita-

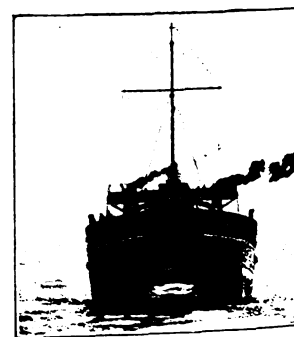


FIG. 2. — Le *Vulkan* vu par l'avant (cette photographie montre la disposition des flotteurs).

(*) D'après *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*.

trices, l'une pour la dynamo, l'autre pour le moteur de propulsion.

L'un quelconque des deux groupes électrogènes peut, d'ailleurs, alimenter l'un quelconque des moteurs, ou les deux moteurs, ce dernier mode de couplage étant utilisé à faible vitesse.

Les appareils de commande, placés sur la passerelle, permettent de mettre, séparément ou ensemble, les moteurs en avant ou en arrière, rendant ainsi toutes les manœuvres faciles.

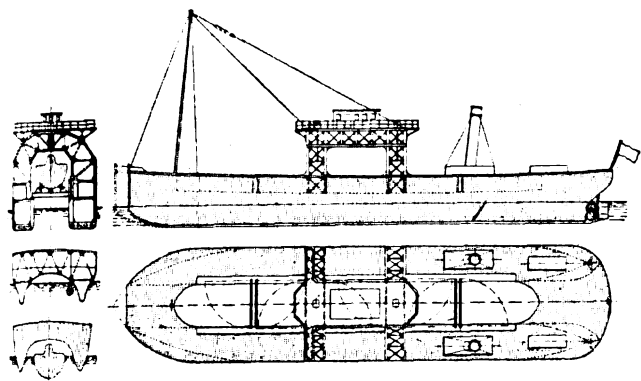


Fig. 3. — Plans et coupes schématiques du *Vulkan*.

Les chaudières sont à tubes d'eau, du système Mehlborn. Les gaz chauds et l'eau y suivent des chemins à peu près inverses, cette disposition paraissant devoir donner une très bonne utilisation de la chaleur. Les installations de condensation comportent, dans chaque appareil, une pompe à air humide à double effet « Simplex », système Mehlborn, et une pompe à air sec, à double effet, système Mehlborn.

Nous remarquerons, en terminant, qu'aucun détail n'a été donné sur les points les plus délicats de ce genre d'installations, à savoir : description des appareils de levage, mode d'accrochage des chaînes de relevage sur le sous-marin, mode de réglage de la tension de ces chaînes.

P. L.,

Ingénieur du Génie Maritime.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE

De l'utilisation des moulins à vent pour la production de l'électricité et les expériences d'Askov.

L'utilisation des moulins à vent pour produire l'électricité destinée aux agglomérations rurales n'est pas aussi nouvelle qu'on le suppose généralement.

En 1890, l'installation du phare de Sainte-Adresse, au Hayre, comportait déjà un moulin à vent. Vers la même époque, il existait en Amérique de petites stations centrales alimentées par des ailes de moulins. L'Angleterre en avait aussi vers 1895. En 1904, l'Allemagne possédait des installations de ce genre qui donnaient une puissance utilisée de 220 kw.

La question a été surtout mise à l'ordre du jour par les expériences du professeur La Cour, poursuivies à la station d'Askov (Danemark) depuis 1897.

Il existait à Askov depuis 1891 un petit moulin d'essai dont les ailes avaient 5^m,75; il fut remplacé par M. La Cour en 1897 par un autre moulin dont les ailes atteignaient 11^m,40.

M. La Cour a cherché la forme la plus convenable à donner aux ailes en se servant de petits appareils en forme de moulins, animés par un ventilateur électrique, et dont un tachymètre contrôlait la marche. Ces expériences étaient à leur tour refaites par le grand moulin d'Askov.

M. La Cour est arrivé aux conclusions suivantes :

1° Toutes choses égales, d'ailleurs, la pression du vent est pro-

portionnelle à la surface des ailes de forme semblable; elle est également proportionnelle au carré de la vitesse;

2° Le travail utile d'une aile pleine n'est pas égal à la moitié du travail utile d'une aile repliée.

Cette dernière règle est en contradiction avec l'opinion antérieurement admise et d'après laquelle la pression agit à angle droit par rapport aux ailes. Or, M. La Cour conclut de ses expériences d'Askov que, pour une aile plane, et pour un vent de 1 mètre par seconde, le travail maximum obtenu est de 42 grammètres par mètre carré de surface, la vitesse de l'air étant de 2,23 fois celle du vent et l'angle de l'aile de 12° 1/2. Pour une aile de surface brisée, on obtient un travail maximum de 108 grammètres, l'aile se mouvant à une vitesse trois fois plus grande que celle du vent et sous un angle de 7° 1/2.

Les surfaces de résistance des ailes d'un moulin doivent être aussi réduites que possible. On ne doit pas employer, comme surface d'aile, plus de 1/6 de la périphérie circulaire; la force motrice équivaut alors à environ 77 grammètres. Quant aux portions intérieures des ailes, elles peuvent occuper, sans aucune perte, une partie plus grande de la périphérie.

Le professeur La Cour a donné des règles pour la construction des ailes. Il conseille d'employer 4 ailes dont la largeur, égale au quart ou au cinquième de la longueur, sera constante sur toute cette longueur. La surface d'aile devra commencer à une distance de l'axe égale à la largeur de l'aile. La section de l'aile sera une ligne courbe ou brisée dont une partie sera trois fois plus grande que l'autre, se mouvant en avant. La distance entre la corde de l'arc et le sommet de l'angle sera de 3 à 4 % de la largeur de l'aile. Un passage continu sera ménagé entre les deux portions de l'aile.

Une ligne droite, tirée à l'extrémité des ailes, du bord d'avant au bord d'arrière, formera un angle de 10° avec la direction du mouvement de l'aile. Cet angle s'accroîtra à mesure qu'on s'approchera du centre, où il aura une valeur de 25°. La vitesse de la pointe extrême de l'aile sera 2,43 fois plus grande que celle du vent dont on attend le travail maximum. Si ces conditions sont réalisées, le travail utile du moulin atteindra 60 grammètres par mètre carré de surface d'aile, par un vent de 1 mètre par seconde, et croîtra en raison du cube de la vitesse du vent.

Le professeur La Cour s'est préoccupé aussi de rechercher les moyens d'obtenir une régularité parfaite dans la production, malgré le caprice des vents.

Pour arriver à ce résultat, il préconise l'emploi d'ailes se déplaçant automatiquement contre le vent, leur angle d'ouverture variant avec la vitesse.

Pour pouvoir utiliser toute l'énergie disponible du vent, sans craindre la décharge des accumulateurs à travers la dynamo lorsque la vitesse du vent devient trop faible, il fallait pouvoir interrompre automatiquement la connexion entre les dynamos et les accumulateurs dès que le courant a tendance à s'inverser, et la rétablir de même chaque fois que la tension de la dynamo dépasse celle des accumulateurs.

Cette condition a été remplie par l'emploi d'un aimant en fer à cheval, monté sur une pièce mobile oscillant autour d'un axe. Ce mouvement d'oscillation approche les pôles de l'aimant de l'un ou l'autre des pôles de deux électro-aimants et les éloigne des pôles de signe opposé, ou inversement. Une tige de cuivre, faisant corps avec lui, est disposée normalement à l'aimant : l'une des extrémités de cette tige plonge continuellement dans un vase rempli de mercure, tandis que l'autre extrémité plonge dans un autre vase semblable chaque fois que le pôle de l'aimant est attiré vers la gauche; elle en sort si le pôle est attiré vers la droite.

Chacun des deux électro-aimants porte deux enroulements, l'un en fil très fin, l'autre en gros fil; les bornes restent constamment reliées par le fil fin, mais la connexion à travers le gros fil ne s'établit que si l'extrémité de droite de la tige de cuivre plonge dans le mercure.

Lorsque la tension de la batterie d'accumulateurs est supérieure à celle de la dynamo, c'est-à-dire dès que la vitesse du vent est insuffisante, le fil fin est traversé par un courant de sens tel que les pôles de l'aimant mobile sont attirés vers la droite; la tige de cuivre ne plonge alors dans le mercure que par une de ses extrémités. Lorsque au contraire le vent s'élève, la différence de potentiel aux bornes de la dynamo dépasse celle des accumulateurs; les pôles de l'aimant sont attirés vers la gauche, et la tige plongeant dans le mercure par ses deux extrémités, le courant de charge passe d'une borne à l'autre par l'intermédiaire du gros fil.

Il restait encore à résoudre le problème du maintien de l'intensité constante du courant. M. La Cour pense l'avoir solutionné par un appareil spécial de régulation.

Nous avons cru devoir résumer ici ces expériences sans pouvoir discuter leurs résultats, sur lesquels l'auteur se montre trop réservé; ils auront peut-être besoin d'être vérifiés par d'autres expérimentateurs.

P. B.

MÉTALLURGIE ET TRAVAIL DES MÉTAUX

L'usure des aciers aux abrasifs.

La dureté n'est pas une propriété de la matière susceptible d'une définition générale; elle dépend du mode de mesure employé: rayure sclérométrique, pénétration statique d'un poinçon ou d'une bille, rebondissement ou pénétration par choc.

M. F. Robin a étudié une nouvelle méthode de mesure de la dureté; pas plus que les précédentes, elle ne définit une propriété particulière de la matière, mais elle peut donner des résultats nouveaux et, dans certains cas, intéressants.

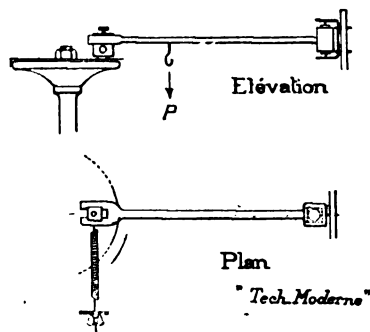


FIG. 1. — Dispositif expérimental.

Le principe de cette méthode consiste à comparer la résistance des métaux à l'usure aux abrasifs, en évaluant la perte de poids d'un échantillon après usure dans un temps donné. L'abrasif employé fut le papier d'émeri, facilement renouvelable à chaque essai. Le dispositif expérimental (fig. 1) comporte un plateau horizontal en fonte, sur lequel est fixée, par un écrou dans l'axe du plateau, la feuille de papier abrasif. On peut animer le plateau d'un mouvement de rotation; l'échantillon à essayer repose sur le papier, à l'extrémité d'un levier monté sur un bâti fixe, par l'intermédiaire d'un cardan qui permet d'assurer la portée et l'horizontalité de la surface à user. Le levier qui tend à être entraîné pendant la rotation du plateau est ramené par un ressort latéral; il peut être changé de poids pour faire varier la pression sur la surface de l'échantillon.

Les expériences ont porté en général sur un parcours de 200 mètres, la piste circulaire décrite par l'échantillon avait 150 mm. de diamètre, la vitesse était de 70 tours par minute. Les échantillons cylindriques avaient un diamètre de 15 mm.; la pression par centimètre carré était de 1 kg. Dans ces conditions, les échantillons pesés avant et après une minute d'essai indiquent l'usure en milligrammes; la somme des usures au bout de trois essais d'une minute, divisée par la surface de l'échantillon en centimètres carrés, donne le nombre d'usure adopté.

On obtient naturellement des usures variables pour un même acier, selon le type et le numéro des papiers employés. Mais, pour un même type et un même numéro, deux feuilles de papier différentes donnent des chiffres très comparables. La précision de l'essai atteint 2 à 4 % avec le papier émeri Oakley, et avec

l'émeri Denis Poulot 10 % pour les aciers ordinaires et 15 % pour les aciers trempés très durs.

INFLUENCE DES DIFFÉRENTS FACTEURS. — Plusieurs facteurs sont à considérer. La *pression* augmente la rapidité d'usure, mais, au delà d'une certaine pression, les grains de l'abrasif se détachent du papier ou l'échantillon rebondit sur le plateau et l'essai manque de précision. Pour les aciers doux, l'usure est à peu près proportionnelle à la pression pour 0,5, 1 et 2 kg. : centimètre carré. Pour les aciers durs, l'usure augmente plus vite que la pression suivant une courbe parabolique.

Pour une pression donnée, l'usure est proportionnelle à la surface de l'échantillon, quelle que soit sa forme circulaire ou

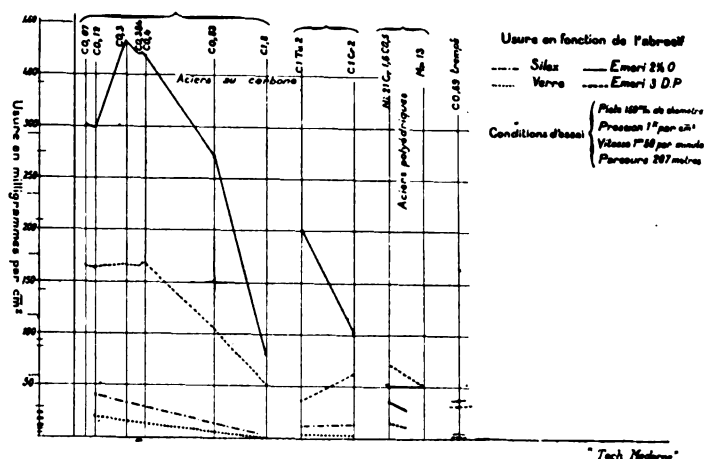


FIG. 2. — Graphique montrant l'influence de la nature de l'abrasif.

polygonale; cependant des angles vifs à la surface tendent à arracher les grains du papier.

La *vitesse* augmente la puissance abrasive du papier; cependant certains aciers sont plus sensibles que d'autres à cette influence, et il semble que ces aciers soient également les plus sensibles aux différences de pression. Les aciers fragiles au choc ne paraissent pas toujours les plus sensibles à la pression et à la vitesse, bien que l'essai intéresse certainement la fragilité.

La *nature de l'abrasif* (fig. 2) peut influencer de différentes façons: d'abord par son usure propre plus ou moins rapide; il semble que trois essais d'une minute soient nécessaires pour obtenir un chiffre pratiquement exact; la diminution de la puissance selon la nature du métal essayé peut être également intéressante à apprécier; la fonte, par exemple, s'use très vite au début, mais diminue rapidement le pouvoir abrasif du papier.

La *grosseur des grains* influe sur la valeur numérique des résultats, sans changer peut-être beaucoup le classement des métaux; pour les aciers au carbone s'usant facilement, l'usure augmente avec la grosseur du grain, mais pour les aciers durs les grains s'arrondissent, s'arrachent, et les résultats sont peu comparables. Les essais ont été faits pour la plupart avec le papier émeri n° 3 Denis Poulot, et l'émeri Oakley n° 2 1/2 qui convenaient bien aux conditions adoptées.

La méthode d'essai donne une classification particulière des métaux agissant séparément et d'une façon spéciale. Les antifrictions et certains bronzes essayés sur acier poli dans un bain d'huile et sur papier émeri se sont comportés de façon tout à fait différente; les métaux s'usant le plus au frottement sont ceux qui résistent le mieux aux abrasifs. Cependant l'essai reste intéressant: il met en garde contre les analogies que l'on serait tenté de conclure d'un mode d'usure particulier; il peut s'appliquer directement dans l'étude de la puissance abrasive d'une substance vis-à-vis d'une autre, la qualité d'un abrasif pour un usage donné peut être mesurée quantitativement par l'usure qu'il produit sur le métal qu'il doit polir.

USURE DES ACIERS. — Pour les aciers au carbone recuits,

l'usure n'est pas proportionnelle à la teneur en perlite (fig. 3). On rencontre un minimum de résistance pour les aciers à rails à teneur en carbone voisine de 0,40 %.

L'examen microscopique indique que la finesse des éléments semble ajouter à la résistance à l'usure ; cela peut tenir à la pureté

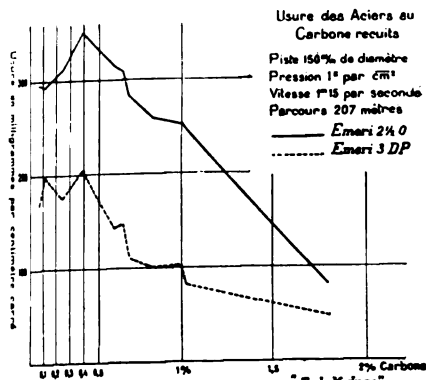


FIG. 3. — Graphique montrant l'usure des aciers au carbone recuits.

plus grande du métal ou à l'écrasement plus grand dans le cas d'éléments fins. Les éléments étrangers font varier notablement la dureté. Le phosphore augmente la résistance aux abrasifs, le manganèse et le silicium la diminuent. Le degré d'affinage influence également : les aciers au creuset et au four électrique s'usent moins que les aciers Martin, et l'acier Thomas semble le moins résistant. L'écrasement provenant du laminage ou du forgeage augmente la résistance à l'usure, les aciers bruts sont légèrement plus résistants que les aciers recuits.

Pour les fontes, la résistance augmente avec la quantité de cémentite libre et la teneur en phosphore (fig. 4). Le graphite ne semble pas intervenir ; sans doute sa densité étant faible, la perte de poids à l'usure l'est également. Le refroidissement rapide de la fonte contribue à la résistance à l'usure : une fonte Thomas trempée, à 2,3 % de carbone combiné et 1,7 % de phosphore, a donné avec un acier au nickel à 20 %, cémenté et trempé, les chiffres les plus forts parmi ceux qui ont été relevés.

Les aciers trempés et revenus (sorbitiques) donnent, pour des revenus croissants, toutes les transitions entre la martensite et les aciers normaux. Pour les aciers trempés, les différents abrasifs ne classent pas les martensites dans le même ordre, mais le papier Denis Poulot n° 3, qui donne des résultats assez nets, permet de séparer les divers aciers. Pour des revenus légers (martensite et osmondite), on obtient un maximum de résistance vers 0,70 ou 0,80 % de carbone. L'examen micro-

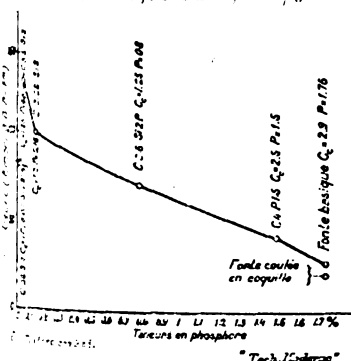


FIG. 4. — Graphique montrant l'usure des fontes.

graphique montre que le meilleur résultat correspond aux martensites les plus fines, cette résistance restant un peu inférieure à celle de la cémentite.

Quant aux aciers spéciaux, les aciers perlitiques présentent une résistance diminuée par le nickel et le manganèse ; les aciers martensitiques au nickel sont peu résistants, les aciers à haute

teneur le sont un peu plus, étant donnée surtout leur faible dureté sclérométrique. Les aciers austénitiques au manganèse présentent au contraire une dureté très grande.

Le chrome augmente notablement la résistance des aciers recuits, mais a peu d'effet pour les aciers trempés. Les carbures doubles sont en général très durs, surtout après trempe et si le carbure est en petits éléments. Les aciers à coupe rapide, parfaitement recuits, s'usent plus rapidement que les aciers doux ; après trempe, ils ont une dureté considérable.

DURETÉ ET USURE (fig. 5). — Pour les aciers recuits, la bille Brinell différencie bien les aciers jusqu'à 0,90 % de carbone. L'usure à l'émeri ne les distingue pas jusqu'à 0,70 %, à cause du maximum d'usure ; au contraire, elle juge très bien les aciers hypereutectiques au point de vue de la cémentite libre.

Pour les aciers trempés très durs, l'usure, dans certaines conditions de pression, constitue une méthode d'essai très sensible. Un revenu avancé et des éléments grossiers favorisent l'usure ; une grande finesse de grain donne une grande dureté. Pour les aciers spéciaux, la résistance à l'usure varie comme la rayure, et en sens inverse de l'essai Brinell pour les aciers austénitiques. Dans le cas de grandes duretés, l'usure donne encore des résultats quand la bille Brinell n'a plus de sensibilité ; souvent les deux méthodes donnent des appréciations analogues et des échelles de dureté semblables, avec une sensibilité spéciale suivant les cas. Quelquefois, les résultats varient en sens inverse, par exemple dans le cas d'un constituant très dur entouré d'un élément peu résistant (cémentite des aciers recuits et fontes trempées) : la bille refoule sans doute l'élément dur dans les parties environnantes, tandis que l'abrasion le met en relief et ne produit que peu d'usure sur lui.

Il en est de même dans le cas d'un constituant malléable de dureté moyenne composant tout le métal (fer γ , aciers austénitiques) : la malléabilité empêche les éléments de s'arracher par l'action du corps qui les raye et la perte de poids est faible.

CONCLUSIONS PRATIQUES. — On peut tirer, au point de vue pratique, certaines conclusions intéressantes du travail de M. Robin. L'essai d'usure pourrait, dans certains cas, déceler l'écrasement.

L'effet du phosphore dans les aciers se fait

sentir avec beaucoup de sensibilité, ainsi que celui du chrome qui donne aux aciers recuits une grande résistance à l'usure, que l'on pourrait peut-être utiliser dans bien des cas, ces aciers n'étant pas fragiles et ne nécessitant pas de traitement thermique spécial.

Il était intéressant de relier les essais d'usure aux abrasifs à l'usure des rails en service. Cette dernière question est encore mal connue, et les essais faits jusqu'ici ont donné des résultats peu concordants. Il a été trouvé par différents auteurs que les rails durs s'usaient plus rapidement en service que les rails doux. L'explication de cette différence est incertaine ; il semblerait d'après les essais sur abrasifs qu'on peut l'attribuer à la différence de la résistance de ces aciers à l'usure par frottement. Il n'est pas impossible de prévoir l'application de la méthode de M. Robin à l'étude des aciers à rails, dans des conditions à définir lorsque les expériences des Compagnies de chemins de fer seront plus nombreuses.

P. GARTNER,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

MINES

Essais de marteaux perforateurs pneumatiques exécutés dans les mines de pyrite de Saint-Bel.

Les marteaux perforateurs pneumatiques ont fait, dès 1908, d'après les *Annales des Mines*, l'objet d'une longue suite d'essais

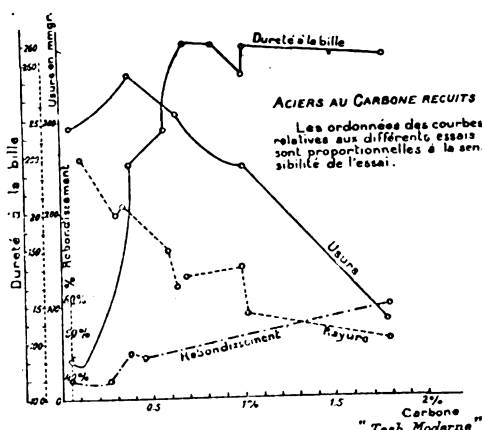


FIG. 5. — Graphique de comparaison des différents modes de mesure de la dureté.

dans les mines de pyrite de Saint-Bel; les appareils expérimentés sont des types François, Ingersoll Rand, Bornet et Flottmann.

Ces différents marteaux ont été employés dans les chantiers d'abatage de la pyrite et dans quelques travaux au rocher. La pyrite, à structure finement grenue, comprend une faible quantité de gangue quartzreuse intimement mélangée.

Le rocher est formé tantôt de schistes assez tendres, tantôt de schistes à l'aspect corné d'une dureté comparable à celle des quartzites.

Les marteaux Ingersoll Rand de 9 kg. furent abandonnés à la suite de fréquentes avaries survenues aux organes de distribution. Les marteaux François de 8 kg. 500 se sont montrés trop légers et leurs organes trop peu résistants.

Les marteaux François de 9 kg. 100 et Ingersoll Rand (type Valveless) de 10 kg. 100, plus robustes, eurent une marche régulière. On leur préféra par la suite les types comportant la rotation automatique de l'outil.

Le marteau Flottmann de 14 kg. 700 a fourni durant plusieurs mois, un excellent fonctionnement sans aucune réparation.

Le marteau Bornet sert aussi bien en terrain humide qu'en terrain sec, mais l'injection d'eau rend la marche délicate et complique l'aménagement des chantiers.

Le marteau François, type Bolide de 19 kg., fut trop lourd pour l'exploitation courante qui se fait par tranches horizontales et là où la plupart des trous de mine sont horizontaux; pour les travaux de fonçage, avec trous de mine verticaux, ce type donna de bons résultats.

Les marteaux François, type Bolide de 12 kg. 600 et de 11 kg. ainsi que les marteaux Flottmann de 12 kg., plus maniables, se montrèrent inférieurs comme rendement et comme solidité aux marteaux plus lourds de même type.

Les fleurets employés sont munis de taillants en Z qui donnent moins de poussières et un avancement plus rapide que les taillants en étoiles à six branches.

Des essais de consommation d'air et d'avancement furent faits en creusant des trous dans des blocs de calcaire, avec des fleurets à taillant en étoile à six pans de 35 millimètres de diamètre; la pression de l'air était en moyenne de 4 kg. 2 :

Rotation de l'outil à la main.

MARTEAUX	POIDS en kg.	NOMBRE moyen de litres d'air comprimé dépendus par minute	AVANCEMENT moyen en millimètres par minute
François	8,5	212	19
—	9,1	161	22
Ingersoll	9	165	17
— (Valveless).	10,5	120	21

Rotation automatique de l'outil.

François (Bolide) . . .	19	214	87
—	11	193	71
—	12,6	186	86
Flottmann	14,7	194	78
—	12	197	70

Voici quelques résultats obtenus dans le travail au marteau et à la main :

Travail au marteau.

CHANTIERS d'abatage de la pyrite	RENDEMENT par journée de mineur	PRIX du mètre cube	DÉPENSE d'explosif par mètre cube
Première tranche . . .	2,08 m ³	5 89	2 20
Deuxième tranche . . .	2,23	3 81	0 69

Travail à la main.

Première tranche. . .	1,15	8 91	2 51
Deuxième tranche . . .	1,62	4 42	0 66

Il y aurait lieu de tenir également compte de la dépense d'air, des frais d'entretien et d'amortissement.

En première tranche, l'avantage du travail au marteau est plus net qu'en seconde tranche, où la pyrite est disloquée par l'exploitation de la tranche inférieure.

L'insufflation d'air par un canal situé dans l'axe du fleuret opère un curage continu, mais provoque un fort dégagement de poussières. On y remédie en captant les poussières qui sont conduites dans un réservoir contenant de l'eau.

Le collecteur Reumeaux, comportant un cône en tissu à armature métallique dont la grande base prend appui sur la roche, est fragile et peu étanche. L'autocapteur Bonnevey nécessite le creusement d'un avant-trou d'un diamètre supérieur à celui du trou de mine.

Les ouvriers se sont montrés réfractaires à l'utilisation de ces appareils.

Il a paru préférable de substituer au fleuret habituel un fleuret plein avec nervure hélicoïdale; il est vrai que le diamètre du trou se trouve augmenté; on ne peut compter que sur la résistance de l'âme du fleuret; il y a augmentation de la durée du forage.

Les fleurets hélicoïdaux s'usent plus vite que les fleurets creux et le rendement est moindre qu'avec les fleurets creux à injection d'air.

La rotation de l'outil est automatique; avec des fleurets pleins hélicoïdaux, taillant en Z, on est arrivé à des vitesses d'avancement de 3 à 4 centimètres par minute. C.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

L'emploi rationnel du froid

(Suite¹.)

PHOTOGRAPHIE. — PHONOGRAPHES. — Le froid est employé en photographie pour obtenir la solidification rapide des émulsions sensibles, et le durcissement des empreintes destinées à l'impression. Dans l'industrie des rouleaux de phonographes, les détails sur l'emploi du froid sont moins connus, mais il n'est pas douteux que le froid puisse être utilisé pour faciliter les démoulages et les inscriptions.

INDUSTRIE DU BENZOL. — Par suite de l'extension continuelle des applications du benzol, ce carburant, qu'on retirait autrefois des goudrons de houille, s'extrait aujourd'hui des gaz de four à coke, au moyen d'appareils spéciaux très perfectionnés dans lesquels les huiles lourdes se refroidissent et se débarrassent des huiles légères qui proviennent des chaudières de distillation et vont au sommet des tours absorbantes pour y être projetées sous forme de pluie. A côté de cette utilisation, le froid peut servir également à la récupération plus parfaite des vapeurs de benzol qui se dégagent des appareils de redistillation des huiles très légères.

INDUSTRIE DU GAZ. — Sous le pseudonyme de Reidrew, un ingénieur décrit un appareil appelé *piège à naphthaline*. De construction très simple, ce piège permet de refroidir suffisamment le gaz avant de le lancer dans les canalisations. On évite de cette façon les obstructions qui pendant l'hiver se produisent constamment dans les petites conduites. Malheureusement, cet appareil, composé uniquement de serpentins refroidis extérieurement, n'a pas été adopté dans la pratique, où l'on continue de lui préférer des traitements compliqués et moins économiques.

MATIÈRES COLORANTES DÉRIVÉES DE LA HOUILLE. — Il faut signaler la nécessité qu'il y a d'abaisser ou de régler la température de certaines réactions chimiques susceptibles de donner naissance à des matières colorantes, en particulier aux matières dites azoïques, qui exigent des températures de formation d'autant plus basses que leur structure est plus complexe.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 2 (février 1911), p. 108, et aussi t. II, n° 12 (décembre 1910), p. 710, et t. III, n° 1 (janvier 1911), p. 51.

L'action du froid est également capitale dans les opérations dites de nitration, de sulfonation, etc.

D'après l'auteur de cette communication, il est permis d'insister sur les applications du froid dans l'industrie des matières colorantes dérivées de la houille quand on songe qu'elle met actuellement en œuvre une série d'appareils capables de produire au moins 5 millions de frigories à l'heure, et que le chiffre d'affaires global relatif aux seules matières colorantes azoïques peut atteindre 100 millions de francs par an.

TEINTURERIE. — Non seulement la production des matières colorantes dérivées de la houille appelle l'emploi constant du froid, mais on a reconnu dernièrement que cet agent devenait indispensable dans la teinture de certaines étoffes coûteuses en soie, en permettant de supprimer une foule d'accidents qui surviennent, après fabrication, aux tissus teints par les méthodes habituelles.

L'intervention du froid est particulièrement heureuse lorsqu'il s'agit de régulariser la température des ateliers où l'on procède successivement au trempage dans les bains de mordant, à l'essorage et à l'étendage. Une température constante empêche la formation de dépôts insolubles qui résultent de précipitations dans la fibre sous l'influence d'un brusque abaissement de température et qui, au bout d'un certain temps, attaquent les tissus de soie teints.

MATIÈRES GRASSES. — Nous ne pouvons analyser en détail l'excellent rapport de M. Bontoux, collaborateur de *La Technique Moderne*. Ce rapport constitue une date dans la littérature des matières grasses. Il est précieux aussi pour l'industrie du froid, en ce qu'il démontre quelles peuvent être les applications du froid dans les différents procédés des industries qui utilisent les matières grasses. Il est certain que les diverses techniques chimiques en sont arrivées sensiblement aux mêmes pratiques et, puisque le froid est encore négligé dans une industrie où il est souvent indispensable, il n'y a pas lieu de s'étonner qu'il reste inemployé par d'autres industries similaires.

INDUSTRIE DU PÉTROLE. — L'industrie du pétrole rentre dans cette catégorie. Les raffineurs, saisissant mal les avantages des machines frigorifiques, abandonnent dans les huiles ou résidus bon marché des quantités considérables de paraffines chères. Certains brûlent ces résidus, ce qui est un moyen expéditif; d'autres (en France) consomment énormément de charbon pour détruire la paraffine par l'opération du *cracking* qui doit être considérée comme onéreuse. En outre, les raffineurs condensent insuffisamment leurs essences et perdent les gaz très légers qui se forment pendant les rectifications.

Enfin, pendant le raffinage, où pour certains pétroles une température voisine de 15° C. est nécessaire, les mêmes industriels ont recours à l'eau comme agent de refroidissement. Or, cette eau prise dans le puits de l'usine possède une température trop voisine de celle que l'on veut atteindre.

Il faut noter, par ailleurs, la récente invention de M. le Dr Edibeau qui utilise à froid les propriétés solvantes d'un gaz liquéfié (acide sulfureux) vis-à-vis des pétroles raffinés plus ou moins propres à la combustion dans les lampes. Par ce procédé, l'inventeur réalise la séparation des carbures paraffiniques, brûlant bien dans les appareils d'éclairage, des carbures aromatiques, brûlant mal, mais constituant d'excellentes matières premières pour l'industrie des matières colorantes. A notre point de vue, cette invention doit être envisagée comme apportant une orientation nouvelle vers l'utilisation de corps gazeux peu maniables que l'industrie du froid a pu transformer économiquement en liquides faciles à employer et doués de propriétés inattendues.

STÉARINERIE. — Sans empiéter sur le domaine de M. Bontoux, il est bon de faire remarquer l'immense profit que procurerait aux stéariniens la facilité de modifier à volonté la température des salles dans lesquelles les acides gras sont coulés, au sortir des cuves de décomposition, en vue de former des galettes destinées à être pressées à froid. En réalité, cette pression s'opère souvent à

chaud sur des galettes encore chaudes, et il faut, dans la suite, refroidir les oléines, ce qui pourrait être évité. De plus, lorsque les stéariniens ne sont pas organisés pour un refroidissement en cave, l'oléine renferme des quantités importantes d'acides gras durs.

ACIDE SULFURIQUE. — Un froid modéré, c'est-à-dire une température de 0°, est, paraît-il, favorable à la marche des chambres de plomb, qui contiennent alors des masses gazeuses d'un poids plus considérable et, par cela même, plus faciles à mieux utiliser, d'autant que la condensation de l'acide formé s'en trouve plus complète. Malheureusement, la production artificielle du froid n'est pas envisagée jusqu'ici dans les fabriques d'acide sulfurique.

Pendant quelque temps, on a appliqué industriellement une méthode d'enrichissement des acides concentrés au moyen du froid qui précipitait un hydrate cristallisé que l'on essorait. Ce procédé, intéressant à certains égards, n'ayant pas permis de réaliser les économies que l'on escomptait, a été abandonné.

INDUSTRIE DU SUCRE. — On a tenté, mais sans succès, d'utiliser le froid dans la sucrerie. Il est évident qu'ici, comme dans toutes les industries qui font usage de matières premières putrescibles, le froid pourrait devenir un précieux agent de conservation pour les substances entreposées et de régulation pour le travail et la production.

Une installation économique assurant la conservation d'une matière telle que la betterave qui contient 85 % d'eau inerte est difficile à concevoir; cependant, dans beaucoup de phases de la fabrication des sucres, on a besoin d'obtenir un refroidissement rapide, et la possibilité de disposer de froid artificiel serait loin d'être sans avantage.

ACIDES TARTRIQUE, CITRIQUE. CRÈMES DE TARTRE. — L'objection indiquée précédemment s'applique aux industries des acides tartrique, citrique et des crèmes de tartre; mais pour ces corps, si le prix de la matière première est élevé, la valeur des produits fabriqués n'est pas moins grande, et la conservation préalable des citrons et des lies de vin est suffisamment rémunératrice. Par suite de la facilité avec laquelle les éléments s'altèrent, il est parfois utile de prévoir un matériel considérable devant répondre aux besoins immédiats des récoltes et restant, par contre, sans emploi pendant une grande partie de l'année. D'après des opinions autorisées, le froid aurait bien d'autres applications, mais il faudrait, bien entendu, qu'on le produisît à bon marché.

(A suivre.)

A. GUISELIN,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

Essais d'éclairage au gaz surpressé.

Des essais d'éclairage public intensif au gaz⁽¹⁾ se poursuivent actuellement dans quelques voies parisiennes. Cet éclairage peut être obtenu en comprimant le gaz : lorsque la surpression est suffisante, le gaz s'écoule avec une vitesse plus grande et aspire, par conséquent, un plus grand volume d'air par les trous ménagés auprès de l'injecteur : la combustion est plus complète, la

(1) On sait que la lumière émise par un manchon incandescent est d'autant plus vive que le manchon est chauffé à une température plus élevée. D'autre part, la température de la flamme d'un brûleur est d'autant plus élevée que les proportions de gaz et d'air correspondent mieux aux proportions du mélange théorique donnant la combustion complète. Ces proportions sont d'environ 5 volumes d'air pour 1 volume de gaz.

Dans les brûleurs Auer ordinaires, la quantité d'air qui entre en action n'est guère que de 2,5 à 3 fois celle du gaz, parce que la veine gazeuse ne s'écoule pas à une vitesse suffisante pour entraîner un plus grand volume d'air. La surpression du gaz ou de l'air permet d'approcher du mélange théorique.

température plus élevée et, par suite, la lumière produite beaucoup plus intense. On peut au contraire comprimer l'air, pour l'amener en quantité convenable au brûleur, solution adoptée, par exemple, dans les lampes Soleil d'or⁽¹⁾, où la chaleur perdue

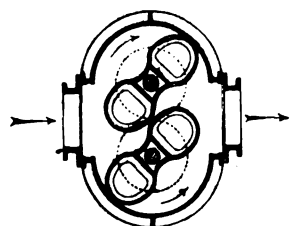


FIG. 1.

sert à faire fonctionner un compresseur à air par l'intermédiaire d'une pile thermo-électrique. Ce genre de lampe a été mis en essai boulevard du Palais, à Paris.

Mais la Société du Gaz de Paris semble donner sa préférence au premier système d'éclairage, dont elle a doté la place de l'Opéra, la rue du 4-Septembre, et enfin une partie du boulevard Raspail, dont nous décrivons ici l'équipement.

Près de la rue de Vaugirard, est installée une petite usine située entre la chaussée du boulevard et la voûte du Nord-Sud. Deux surpresseurs Roots y sont actionnés par un moteur électrique de 12 chevaux 1/2, pouvant être remplacé par un moteur à gaz en cas d'accident. Le schéma de la figure 1 rappelle le fonctionnement de ces surpresseurs⁽²⁾; ce genre d'appareil a tout au moins l'avantage de la simplicité et il est peu embarrassant.

Le gaz aspiré dans la canalisation principale de Vaugirard est comprimé à une pression voisine de 1500 mm. d'eau par les surpresseurs (fig. 2) et envoyé au réseau d'éclairage. Deux régulateurs permettent de faire communiquer les conduites à haute pression avec les conduites à basse pression, lorsque le débit des surpresseurs est trop grand. Un by-pass permet également d'établir une communication entre les deux sortes de conduites. Des canalisations en tôle bitumée de 81 mm. passent au pied des candélabres supportant des lampes Gretzine à trois becs renversés; le branchement pénètre dans le candélabre et se divise en deux colonnes, passant chacune par l'une des branches de la lyre. Sur l'une des colonnes A (fig. 3) sont montés deux des becs de la lampe; sur l'autre B sont montés le troisième bec, la veilleuse et l'allumeur automatique. Dans la journée, lorsque les surpresseurs ne fonctionnent pas, le by-pass de l'usine (fig. 2), étant ouvert, permet au gaz à basse pression d'arriver aux candélabres. Le robinet à main R (fig. 3) étant fermé, le gaz ne peut monter que dans le tube B et il alimente la veilleuse, à l'exclusion du troisième bec dont l'accès lui est interdit par l'allumeur. Ce dernier est conçu de façon à obtenir l'allumage du bec solidaire du tube B pour une pression de 500 à 600 mm. et l'extinction complète de la veilleuse pour une pression de 1000 mm.

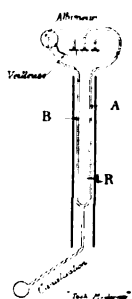


FIG. 3.

Les figures 4 et 5 montrent comment ce résultat est obtenu :

(1) Voir le fascicule I de la Bibliothèque de *La Technique Moderne*, sur l'Eclairage industriel.

(2) On emploie parfois des pompes de condenseur, ou des souffleries de fonderie reposant sur le même principe. (*Power*, 13, XII, 1910; *Mechanical World*, 13, I, 1911.)

la veilleuse étant alimentée par le gaz à basse pression, dès que la haute pression se fait sentir, une membrane en toile caoutchoutée M, placée entre la boîte B et son couvercle C, est repoussée sous l'influence de la pression contre le ressort à boudin R. Dans ce mouvement, la membrane entraîne une soupape S qui, en s'ouvrant, débouche le passage direct du gaz à haute pression vers le brûleur (fig. 5).

A peine cette soupape s'est-elle ouverte que, dans le même mouvement, elle vient comprimer une deuxième petite soupape s qui se ferme en interrompant le passage du gaz vers la veilleuse.

Tout se passe assez lentement pour laisser encore rentrer du gaz comprimé dans le tuyau de la veilleuse avant que ce tuyau soit complètement fermé par la petite soupape. La petite veilleuse, par suite de l'afflux d'un peu de gaz surpressé, s'agrandit pendant un instant en une longue flamme qui allume le bec. Au moment où cesse la haute pression, l'inverse se produit. Un by-pass permet de faire arriver directement le gaz au brûleur en cas d'avaries de l'allumeur.

Sitôt qu'à la nuit tombante, on fait marcher les compresseurs, on obtient donc automatiquement l'allumage d'un brûleur sur tous les candélabres.

Un employé doit ensuite passer au pied de chacun d'eux pour ouvrir le robinet R (fig. 3) et allumer les deux autres becs. Toutefois, la Société du Gaz poursuit actuellement des essais pour l'allumage automatique des deux autres brûleurs.

Mais la fermeture à la main des robinets R reste toujours indispensable pour réaliser l'éclairage réduit et uniforme imposé à partir de minuit et demi. Les lampes éclairant le boulevard Raspail ont une puissance de 4 000 bougies pour la ligne médiane, et de 2 000 bougies pour les quatre autres lignes; elles ont les caractéristiques suivantes :

Intensités en bougies	2 000	4 000
Hauteur totale avec allumeur automatique	0 ^m ,95	1 ^m ,45
Diamètre du réflecteur	0 ^m ,54	0 ^m ,66
Hauteur la plus favorable pour le point lumineux	5 ^m à 6 ^m	6 ^m à 7 ^m

Les essais auraient donné, paraît-il, pour les premières lampes, une consommation horaire d'environ 0,6 litre par bougie-heure.

Cette question, relativement nouvelle, de l'éclairage intensif n'est peut-être pas encore tout à fait au point, et les études se poursuivent pour la rendre tout à fait pratique.

L.-V. BOURNAT

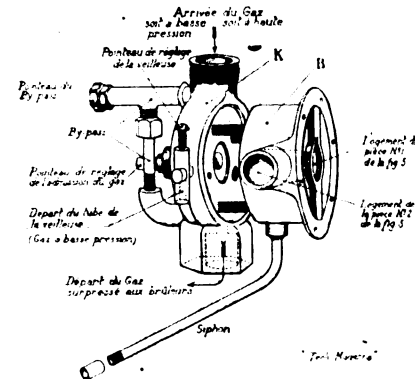


FIG. 4.

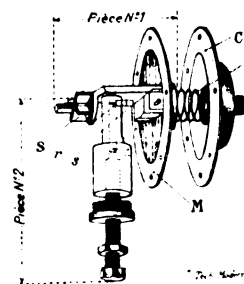


FIG. 5.

NOTES D'ÉLECTRICITÉ

Stations hydroélectriques fonctionnant sans surveillance. — Emploi des cabestans électriques dans l'industrie. — Moyen de dégeler les conduites d'eau par l'électricité. — Matériel électrique pour nettoyer et planer les parquets. — De l'utilisation de l'électricité en agriculture.

Stations hydroélectriques fonctionnant sans surveillance. — Les essais de stations génératrices à fonctionnement automatique et, par

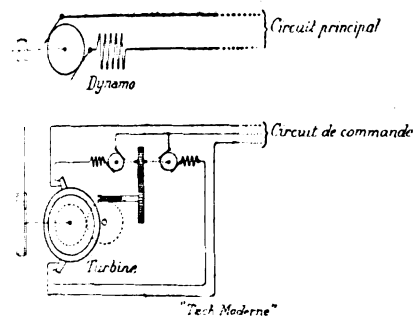


FIG. 1.

A Burghammer, sur la Sprée, une turbine Francis de 50 chevaux actionne une dynamosérie de 30 kw. à 1 500 mètres du lieu où le courant ainsi produit, qui est à 500 volts, assure, par l'intermédiaire d'une transmission, différents services, notamment la commande d'une génératrice alimentant des réseaux d'éclairage. C'est à cette génératrice qu'est emprunté le faible courant nécessaire à faire mouvoir l'un ou l'autre des deux petits moteurs agissant sur le régulateur de la turbine, soit pour l'ouvrir, soit pour le fermer. Il n'y a donc, au lieu d'utilisation, qu'à fermer le circuit de l'un ou de l'autre de ces petits moteurs pour déterminer la mise en route ou l'arrêt et pour régler le fonctionnement (fig. 1). La régulation, qui peut être automatiquement réalisée par des relais soumis à l'influence du courant d'utilisation, pourrait aussi bien s'effectuer à l'endroit même où se trouve le groupe générateur.

C'est ce qui se produit dans une installation sise à Hartland, aux Etats-Unis. Une chute de 6 mètres, et d'un débit de 17 000 litres à la minute, actionne, par l'intermédiaire d'une turbine radiale, une

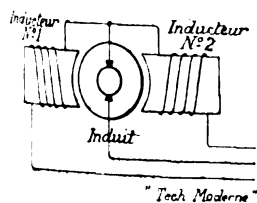


FIG. 2.

dynamo dont la force électromotrice (250 volts) est réglée par variation du champ inducteur de la façon suivante : un voltmètre à relais, placé dans la station génératrice même, met en action un petit moteur de 1/8 de cheval qui fait tourner, dans un sens ou dans l'autre, un contrôleur cylindrique (analogue aux contrôleurs de tramways, mais beaucoup, plus petit), qui insère des résistances variables dans le circuit inducteur. Un moteur, actionné de même, pourrait agir aussi bien sur le régulateur de la turbine, comme dans le cas précédent.

On trouve généralement avantage, dans des cas analogues, à employer, comme servo-moteur, le moteur Sprague, qui, comportant deux inducteurs enroulés en sens inverse (fig. 2), permet d'obtenir les deux sens de marche avec trois fils de commande, dont un pour le retour.

Emploi des cabestans électriques dans l'industrie. — L'emploi des procédés mécaniques de manutention, levage et traction, se généralise dans l'industrie, parce qu'ils économisent du temps et réduisent les frais d'exploitation. Le poussage par hommes ou le halage par chevaux des wagons de marchandises, la manœuvre des plaques tournantes constituent toujours des opérations longues, pénibles et coûteuses, surtout lorsqu'il s'agit d'embranchements particuliers. Lorsqu'on dispose du courant électrique, il est très souvent avantageux de lui faire actionner un cabestan, qui, à condition qu'on ins-

talle un assez grand nombre de poupées de renvoi, permet d'assurer toutes les manœuvres.

Le mode d'établissement du cabestan électrique a été très étudié, de divers côtés; la plupart des modèles actuels sont à l'abri de toute critique, aussi bien en ce qui concerne leur robustesse qu'en ce qui concerne la simplicité de la commande du fonctionnement, qui s'opère au moyen d'une pédale. Il est bon seulement d'avoir un câble d'une résistance à la rupture supérieure à l'effort de calage de l'appareil.

Le nombre des marques de cabestans, sérieusement établis, que l'on trouve maintenant sur le marché, en a réduit le prix; un cabestan électrique de type courant coûte moins de 3 000 francs et une poupée de renvoi environ 200 francs.

Moyen de dégeler les conduites d'eau par l'électricité. — Il est parfois malaisé de dégager les conduites d'eau de la glace qui s'y est formée en disposant des feux à proximité des tuyaux. Lorsqu'il s'agit de conduites souterraines, cela exige d'ailleurs des travaux préparatoires d'autant plus difficiles que la terre elle-même est gelée.

Aussi a-t-on songé à utiliser un courant électrique pour échauffer la conduite; les résultats obtenus en divers endroits ont été tout à fait satisfaisants.

Il est impossible de brancher directement, sur une distribution d'électricité ordinaire, privée ou publique, les deux extrémités d'une conduite à dégeler, qui constitue presque un court-circuit; les canalisations ne supporteraient pas l'intensité du courant nécessaire. La différence de potentiel qu'il faut provoquer entre les deux extrémités est de l'ordre d'une dizaine de volts.

Pour réaliser cette condition en utilisant une distribution ordinaire, il faut, ou bien employer un transformateur qui abaisse la tension ou, plus simplement, brancher sur la distribution une succession d'une dizaine de circuits absorbant chacun un dixième de la tension; tous, ou plusieurs d'entre eux, peuvent être constitués par une portion des conduites à dégeler, ou bien par des résistances appropriées.

Dans les conditions moyennes, le dégel d'une conduite de 25 mètres de longueur absorbe pour moins de 1 franc d'énergie électrique. Les installations nécessaires, s'il ne faut pas de transformateur, sont très peu coûteuses.

Matériel électrique pour nettoyer et planer les parquets. — Les travaux d'égalisation et de nettoyage du sol des pièces de quelque étendue se font souvent au moyen d'un matériel spécial dont l'existence a facilité la création des pistes de patinage à roulettes. Celles-ci ont d'ailleurs provoqué des perfectionnements dans ce matériel, qui est fabriqué surtout à l'étranger.

Un des types employés consiste en un chariot très bas, automobile et dirigeable, muni d'un moteur électrique de 5 chevaux qui provoque, outre le mouvement en avant ou en arrière de l'ensemble, la rotation d'un cylindre métallique ou le va-et-vient d'un bloc de carborundum. Ces engins, placés sous le chariot, sont appuyés plus ou moins contre le sol par l'effet d'une pédale sur laquelle agit le conducteur.

Le chariot peut être relié à la canalisation générale par un câble souple se bobinant sur un tambour fixe, qu'un poids tend constamment à faire tourner dans le sens de l'enroulement.

De l'utilisation de l'électricité en agriculture (1). — Le prix de la main-d'œuvre devant chaque jour plus élevé, et les prix de vente des produits s'abaissant de plus en plus, les agriculteurs ont été obligés, ces dernières années, de songer, en ce qui concerne l'exploitation agricole, aux moyens mécaniques qui donnent une production plus rapide et plus économique que les anciens procédés. Nous signalerons ici, entre autres, la solution adoptée par les agriculteurs suisses, particulièrement dans le canton de Vaud. Les plus petites communes de ce canton reçoivent le courant électrique de la Compagnie vaudoise des Forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe, qui possède deux usines hydrauliques installées sur la rivière de l'Orbe et donnant, à elles deux, une puissance électrique utile d'environ 12 000 à 15 000 HP. La tension primaire de distribution aux usines génératrices est de 13 500 volts et la fréquence du courant alternatif de 50 périodes-seconde. Il existe deux réseaux : le premier, à courant alternatif monophasé, destiné à la lumière, aux

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 2, p. 101.

petits moteurs ne dépassant pas une puissance de 1 HP et enfin aux moteurs électriques destinés à actionner des batteries qui ne doivent marcher qu'aux heures pendant lesquelles la lumière électrique n'est pas utilisée dans les habitations. Le second ne concerne que la force et alimente des moteurs, de toutes puissances, en donnant du courant triphasé (3 fils de distribution). Plus de 40 communes, dans le canton, ont fondé des Sociétés par actions, dites de battage, dont seuls les agriculteurs qui ont à faire battre des céréales sont actionnaires. Ces Sociétés achètent ou louent une maison dans le centre de leur village, y installent une batteuse mécanique actionnée par un moteur électrique. Les propriétaires viennent à tour de rôle, suivant une liste établie, faire battre à la Société de battage, en payant une redevance fixée d'après le poids de grains obtenus, ou suivant le nombre de sacs de grains recueillis.

On peut donner une idée approximative de la quantité de courant électrique nécessaire et de son prix par les tableaux suivants :

Batteuses.

LONGUEUR du tambour	PRODUCTION par heure	CONSUMMATION D'ÉNERGIE	
		machine anglaise	machine allemande
1 ^m ,3	650 - 800 kg.	12 HP.	8 HP.
1 ^m ,5	800 - 1 000	15	12
1 ^m ,6	1 100 - 1 300	20	15
1 ^m ,7	1 350 - 1 500	24	18

Avec commande simultanée d'un secoueur de paille . 1 HP en plus.
— d'un élévateur de paille . 1 —
— d'une presse à paille . 3-5 —

L'énergie électrique est livrée par diverses centrales, soit au

compteur, soit à un tarif fixe (à forfait), par cheval ou par année. Dans la plupart des cas, principalement dans de grandes installations, la vente de l'énergie au compteur est plus favorable, tant pour l'abonné que pour la centrale électrique. Le tableau ci-dessous donne quelques moyennes pour le prix du courant électrique alimentant des moteurs ne travaillant que pendant la journée :

Prix en centimes du courant électrique par hectowatt.

Pour moteurs de 2 HP.	200 heures	à forfait	8,4
		au compteur . . .	3,1
	400 heures	à forfait	4,2
		au compteur . . .	2
	600 heures	à forfait	2,8
		au compteur . . .	1,7
Pour moteurs de 4 HP.	200 heures	à forfait	7,9
		au compteur . . .	3
	400 heures	à forfait	3,9
		au compteur . . .	2
	600 heures	à forfait	2,6
		au compteur . . .	1,6
Pour moteurs de 6 HP.	200 heures	à forfait	7,5
		au compteur . . .	3,5
	400 heures	à forfait	3,8
		au compteur . . .	2,1
	600 heures	à forfait	2,5
		au compteur . . .	1,6

E. SOUPY,

Ingénieur des Arts et Manufactures.
Directeur du B. T. E.

NOTES DE MÉTALLURGIE

Le briquetage des copeaux de fonte et de fer et leur fusion au cubilot. — Quelques essais sur les alliages blancs antifriction pour coussinets.

Le briquetage des copeaux de fonte et de fer et leur fusion au cubilot. — Dans un travail récent, M. Messerschmidt explique tout d'abord que l'on peut introduire les riblons ou copeaux de fer, de fonte ou d'acier dans le cubilot même ou dans la poche; la première manière d'opérer est discutable, mais la seconde prête à maintes objections, par suite des inconvénients qu'elle entraîne, du fait de la dissociation de l'humidité des copeaux (dégagements de gaz qui restent dans le métal, refroidissement du bain, etc.). D'ailleurs, l'introduction des copeaux dans le cubilot lui-même n'a pas eu de succès, la perte de métal par combustion étant considérable (50 %).

En 1872, Whitney, en Amérique, employait des caisses en bois dans lesquelles les copeaux étaient pressés et les introduisait dans le cubilot, mais les copeaux étaient chauffés trop tardivement ou trop tôt suivant l'allure du cubilot. On essaya alors des caisses en fonte qui étaient coûteuses; la perte au feu était de 10 % pour une proportion de 88 % de copeaux et de 22 % de fonte. La teneur en silicium de la fonte produite baissait de 2,5 % à 0,5 %; cette fonte donnait jusqu'à 20 kg. de résistance à la traction. En Amérique, on opère avec deux fois plus de coke qu'en Europe. On a abandonné le procédé Whitney, parce que la perte en silicium et en carbone était très élevée. On a essayé d'englober les copeaux dans de la fonte liquide, mais c'était un non-sens de fondre cette fonte deux fois.

Les nouveaux procédés consistent à comprimer les copeaux avec des pressions élevées, de façon à en faire des briquettes solides qui ne se désagrègent pas dans le cubilot. De cette façon, la perte au feu est faible; on peut se servir des copeaux de tous métaux seuls ou en combinaison avec d'autres matières. Deux procédés sont employés.

Le procédé Ludwig Weiss, qui fait intervenir un liant, et le procédé Arpad Ronay, qui utilise une pression progressive et pas de liant. L'auteur indique que la fusion de la fonte dans un cubilot en bonne marche ne se produit pas, comme on pense, peu à peu, mais bien en une fraction de seconde, et il croit que la désaggrégation des briquettes s'effectue au-dessus de la zone de fusion, parce que ces

briquettes n'ont leurs éléments maintenus que par des forces mécaniques et non chimiques, comme dans les corps simples.

M. Messerschmidt émet la théorie que les copeaux sont plus pauvres en carbone que la fonte d'où ils proviennent, parce que le travail de découpage de ces copeaux fait disparaître une partie du graphite.

La fonte obtenue sera donc plus pauvre en carbone, mais c'est quelquefois un avantage pour avoir des fontes de résistance élevée.

Plus la fonte est dure, moins elle a de résistance et moins elle résiste aux variations de température.

Un autre inconvénient des briquettes est dû à leur enrichissement en soufre et en phosphore. En effet, les briquettes se désagréant plus vite dans le cubilot que des morceaux de fonte compacts, ont un plus long chemin à parcourir pour atteindre la zone de fusion et, par suite, leur manganèse et leur silicium s'oxydent, d'où perte au feu plus grande et élévation de la teneur en soufre et en phosphore.

Le soufre augmente la résistance mais diminue la cohésion, de sorte que les pièces de fonte qui ont 0,13 de soufre ne peuvent pas supporter les variations de température. Le soufre crée aussi des tensions, favorise la retassure et le retrait.

Quand la fonte contient 2 % de silicium, une proportion de 0,12 % de soufre n'a pas plus d'effet sur la formation du graphite que 0,08 de soufre avec 1,1 % de silicium.

L'action du soufre s'oppose à celle du silicium. On y pare en introduisant, dans les briquettes, des copeaux de fer ou d'acier qui, généralement, sont très peu sulfureux. Le phosphore amoindrit l'action néfaste du soufre.

Les copeaux des deux procédés précités sont serrés à un tel point qu'ils ne se délitent pas d'une façon prématurée dans le cubilot et l'action néfaste du soufre est exclue. Pour les deux procédés, on emploie des pressions atteignant 2.000 kg. par centimètre carré. Le procédé Weiss emploie 2 % de lait de chaux comme liant. Ronay estime que c'est inutile.

Les briquettes de cette firme sont de petits cylindres d'environ 140 mm. de diamètre et de 100 mm. de hauteur. L'air en est expulsé et, comme il ne peut plus pénétrer, le métal ne se rouille pas. Leur densité varie de 5,8 à 5,0. La perte au feu est très faible et l'action du soufre réduite.

Les briquettes avec un liant à la chaux et comprimées avec basse pression manquent de compacité.

Le procédé Weiss aurait, sur celui de Ronay, l'avantage de perdre moins de métal au feu, par suite de l'action favorable de la chaux, et, en outre, le métal ne se rouillant pas à l'intérieur des briquettes, on aurait une meilleure fonte. La maison Borsig, en employant des briquettes de copeaux dans ses cubilots, conclut que la fonte obtenue augmente de résistance à la traction et à la flexion et a une plus grande homogénéité et qu'on a moins de perte au feu. On est parvenu à réaliser ainsi des fontes pour cylindres ayant une résistance à la traction de 28 kg. par millimètre carré au lieu de 21 kg. et coûtant 10 fr. 60 au lieu de 9 fr. 25.

La teneur en soufre passait de 0,105 dans la briquette à 0,190 dans la fonte obtenue et le silicium de 2,51 à 1,27.

Dessais effectués par l'auteur, on peut conclure qu'en employant les briquettes de copeaux, la teneur en carbone total diminue de 13 %, celle en silicium de 50 %, celle en soufre augmente de 84,4 %.

La perte au feu est de 6,6 % pour le procédé Ronay, alors qu'elle n'est que de 2 % quand on charge le cubilot avec la fonte ordinaire. Cela s'explique par la grande surface offerte par les copeaux dans les briquettes.

Malheureusement, les copeaux employés dans le briquetage ne sont pas toujours composés du même métal; les duretés différentes exercent une influence sur la cohésion de la briquette, et on a des surprises avec la fonte produite; ainsi deux fontes de composition chimique semblable, l'une réalisée avec 30 % de briquettes de copeaux, l'autre avec 40 %, ont donné, la première, une résistance à la traction de 22 kg. 6 par millimètre carré et une résistance à la flexion de 38 kg. 5 par millimètre carré; la deuxième, respectivement, 17 kg. 8 et 33 kg. 5.

Le départ du graphite dépend moins des pertes par combustion au-dessus de la zone de fusion que d'un enrichissement des briquettes en soufre.

L'auteur estime que les briquettes de copeaux permettent de se passer des fontes spéciales chères, telles que celles de Frodair et de Bearcliff, car la fonte Frodair contient 0,10 % de soufre et 1,35 % de phosphore; celle de Bearcliff 0,13 % de soufre.

La firme qui exploite le procédé Ronay estime que les dépenses de briquetage, y compris les droits de licence, sont de 12 fr. 50 la tonne. Comme les copeaux de fonte valent 46 fr. 25 la tonne au lieu de 83 fr. 75, prix des gueuses, on a de la marge pour le briquetage.

La firme indique que la fonte Frodair vaut 143 fr. 75 la tonne et la Bearcliff 130 francs; la Coldair, 118 fr. 75. Le prix de revient de la fonte de cylindres s'établit donc comme suit dans les différents cas :

Fonte à cylindre avec 30 % de Coldair . . .	105 fr. "
— — 30 % de Frodair et	
20 % de Bearcliff	117 fr. 50
Fonte avec 20 % de briquettes de fonte et	
30 % de briquettes d'acier	77 fr. 50 à 81 fr. 25

On réalise donc une économie de 27 fr. 50 à 36 fr. 25 par tonne de fonte produite. Les résultats des essais mécaniques, avec ou sans briquettes, sont les suivants :

Fonte de machines sans briquettes :

Résistance à la traction = ...	16 à 18 kg. par mm ² .
— à la flexion = ...	24 à 30 kg. —

Fonte de machines avec 30 % de briquettes :

Résistance à la traction = ...	26 à 27 kg.
— à la flexion = ...	34 kg.

Fonte de cylindres avec briquettes :

Résistance à la traction jusqu'à	30 kg. par mm ² .
— à la flexion jusqu'à	49 kg. —

L'influence favorable des briquettes est donc indiscutable.

La firme Ronay estime que les briquettes sont excellentes dans la fabrication de la fonte pour fonte malléable, dans celle pour cubilot de petit Bessemer, dans les fonderies d'acier, dans les fours Martin. Dans ces derniers, les charges se font plus rapidement. On peut se servir, d'autre part, d'un mélange de briquettes et de graphite pour recarburer l'acier électrique; on peut enfin briqueter les résidus ferreux de la fabrication de l'aniline et les employer au fourneau.

On sait que l'addition de 10 à 16 % de riblons de fer ou d'acier améliore notablement la résistance de la fonte, mais il faut pour cela ne pas partir de fontes trop graphiteuses ni sulfureuses (pas plus de 0,10 %) et assez manganésées (1,3 %); on ne parvient pas à d'aussi bons résultats avec des briquettes de copeaux en fonte, surtout si elles n'ont pas de liant, à cause de leur enrichissement en soufre.

L'auteur explique ensuite comment les briquettes se comportent dans le cubilot; elles commencent à s'effriter sur leurs angles; c'est pourquoi il est préférable de leur donner une forme cylindrique; puis elles se fissurent et c'est par ces fissures que le soufre s'introduit. La porosité des briquettes est donc une gêne. Le silicium ne disparaît qu'au moment où elles pénètrent dans la zone de fusion et l'on doit attribuer son départ à l'action du soufre dont les briquettes se sont enrichies. C'est pour cette raison qu'on ne peut employer trop de briquettes dans les charges de cubilot, mais, si l'on ne dépasse pas le pourcentage de 25 %, le départ du silicium est faible.

Les pertes de carbone sont une conséquence de celles en silicium.

M. Messerschmidt donne ensuite d'intéressants renseignements sur l'influence de la plus ou moins grande quantité de coke sur la marche d'un cubilot. Trop de coke refroidit la température au lieu de l'élever, et trop peu de coke entraîne la formation d'un excès d'oxygène, ce qui augmente la perte au feu, parce que la température de la zone de fusion s'élève.

Finalement, l'auteur indique qu'il faut se servir des briquettes de copeaux, de fonte, de fer ou d'acier avec précautions, car la marche du cubilot, la température de ce dernier, la perte en silicium, etc., influent sur le résultat à obtenir. On peut dire qu'il ne faut pas employer trop de briquettes dans les charges; pas au delà de 30 %.

Enfin, on peut atténuer la sulfuration des briquettes en leur incorporant 1 % de minerai de manganèse tenant 27 % de manganèse. Qu'on emploie les briquettes sans liant ou celles avec liant, on améliore la fonte, comme il a été dit plus haut.

Quelques essais sur les alliages blancs antifriction pour coussinets. — MM. Smith et Humphries ont examiné quels étaient les genres d'essais auxquels on pouvait soumettre les métaux blancs antifriction. Ils ont essayé ceux-ci à la traction, à la compression, à la dureté, à la flexion, au choc; enfin, ils les ont examinés au microscope. Les alliages étudiés étaient à base d'étain et s'écartaient plus ou moins, au point de vue de leur composition, de l'alliage antifriction type des chemins de fer italiens, dont la composition est la suivante : étain 83 %, antimoine 11 %, cuivre 6 %; ce serait d'ailleurs la composition qui donne le métal le plus résistant de cette série d'alliages, d'après M. Charpy. Les divers alliages de cette famille, tractionnés par les auteurs, accusèrent une résistance variant de 7 kg. 2 à 9 kg. 7 par millimètre carré et ne montrèrent aucun allongement.

Les essais de compression exécutés sur des cubes de 1 pouce d'arête montrèrent que les métaux se rompaient pour des charges peu différentes de leurs limites élastiques et comprises entre 8 et 15 kg. par millimètre carré; les affaissement à la rupture variaient de 1,45 à 4,07 %; un seul échantillon s'affaissa de 30,63 % (probablement parce qu'il contenait beaucoup de plomb).

Les auteurs ont examiné ensuite l'influence du maintien des charges sur les déformations des éprouvettes comprimées et ont constaté — après bien d'autres d'ailleurs — que les déformations diminuent à mesure que le temps augmente. Dans les essais de dureté, il faut, pour cette raison, spécifier le temps pendant lequel la charge est maintenue. Les auteurs ont employé la méthode de la bille de Brinell, avec bille de 9 mm. 525 de diamètre et charge de 200, 500 et 1 000 kg. maintenues pendant une minute. Pour cette dernière charge, on maintient aussi l'impression pendant cinq et vingt minutes.

Les duretés, déterminées en comptant sur la charge de 500 kg. maintenue pendant une minute, variaient de 17,2 à 30,8.

Les essais de flexion, exécutés sur barrettes rectangulaires de 3/4 de pouce (*) sur 1 pouce 5/10 placées sur des appuis distants de 10 pouces et fléchies dans leur milieu, donnèrent, comme sollicitation maximum, de 10 kg. 4 à 14 kg. par millimètre carré, et des flèches variant de 0 pouce 29 à 0 pouce 68.

Les essais au choc, effectués sur des barreaux rectangulaires de 1 pouce 1/4 de côté, entaillés sur chaque face de 1/16 de pouce, donnèrent des résiliences de 1,892 pieds-livres par pouce carré de section à fond d'entaille à 3,48 pieds-livres.

(1) Le pouce anglais = 0^m025; le pouce carré anglais = 6 cm² 43; le pied anglais = 0^m304; la livre anglaise = 453 gr. 4.

On peut dire que ce sont des métaux cassants, mais leur résistance à la compression est toujours suffisante pour qu'ils résistent aux pressions employées dans le service des coussinets.

Le microscope révéla, dans ces alliages, les cubes caractéristiques

de SbSn et les cristallites de SuCu^3 . Des investigations effectuées sur ces alliages après qu'ils eurent subi une compression montrèrent que les cubes ne se déforment pas; les cristallites de SuCu^3 , par contre, se brisent.

P. BRÉUIL.

NOTES DE CHIMIE

L'osmose électrolytique. — Utilisation des résidus de pétrole. — Coalescence et régénération du caoutchouc. — Essai des manchons à incandescence. — Action des eaux de la mer sur les ciments. — Peintures sur bois et sur fers ou aciers.

Osmose électrolytique. — Si l'on fait passer un courant électrique à travers un électrolyte imbibant une paroi poreuse, l'électrolyte est entraîné dans le sens du courant. Le phénomène a été employé pour dessécher des matières humides, mais le rendement est jusqu'ici tellement petit que deux millièmes seulement de l'énergie électrique dépensée sont utilisés.

M. H. Le Chatelier, à qui nous empruntons cette réflexion (Revue de Métallurgie, février 1911), remarque que le phénomène renversé, c'est-à-dire l'écoulement, par pression, d'un électrolyte à travers une paroi poreuse, produit une différence de potentiel et, conséquemment, un courant électrique. En faisant écouler une solution acétique à travers une couche de sable de 6^{mm},5, sous une pression de 80 atmosphères, on a obtenu 32 volts et 0,08 ampère, soit 2,56 watts. « Les résultats sont jusqu'ici peu brillants, conclut-il, mais bien des inventions ont eu des débuts difficiles. »

L'osmose électrolytique ne peut-elle trouver quelque application dans les industries chimiques où la diffusion est utilisée?

Utilisation des résidus de pétrole. — M. A. Detœuf, ingénieur des Ponts et Chaussées, vient de publier une étude sur l'utilisation des résidus de pétrole dans la marine et dans l'industrie. On ne peut mieux exposer l'avenir qui attend les diverses applications de ces résidus.

Ils sont formés par des hydrocarbures à poids moléculaire élevé que le pétrole brut ou naphte renferme, et qui restent à la suite de la distillation du pétrole, après qu'on en a séparé les essences et les pétroles lampants. Ces résidus ont une apparence visqueuse: leur point d'ébullition est supérieur à 300°, et leur température d'inflammation à 80°. Ils portent le nom de mazout en Russie, de pacura en Roumanie. Le pétrole en fournit environ la moitié de son poids (de 4 à 6 dixièmes). Le pouvoir calorifique du mazout est très élevé, 10 500 à 11 000 calories, alors que celui des meilleures houilles ne dépasse pas 8 000. Un kilog de mazout peut donner 10 kg. de vapeur avec une bonne chaudière. A ces avantages, les résidus de pétrole joignent ceux d'être peu odorants et d'être fort peu acides.

On a utilisé, depuis longtemps, le mazout dans les usines mêmes de distillation. Mais dès 1885, les chemins de fer russes l'essayèrent pour le chauffage de leurs locomotives. En 1887, la Roumanie suivit cet exemple, et, actuellement, les locomotives roumaines, au lieu d'employer, comme autrefois, des houilles anglaises et des bois du pays, sont chauffées au pacura, ou avec un mélange de pacura et de lignite du pays. L'Autriche emploie aussi des locomotives au pétrole. Nombre de compagnies de chemins de fer américaines se servent de la chauffe au pétrole, parce qu'elle est moins encombrante, produit, à poids égal, plus de calories que le charbon et supprime des manutentions.

L'avenir des résidus de pétrole paraît largement assuré, aux yeux de M. Detœuf, pour l'alimentation des moteurs à combustion interne. Ceux-ci ont pris, en Russie, une extension énorme, non seulement dans l'industrie pétrolière, mais encore dans la navigation et dans toutes les industries, parce qu'ils réalisent une économie de combustible de plus de moitié sur la houille.

En dehors de leur emploi dans les moteurs à combustion interne, les résidus de pétrole ont trouvé une utilisation, soit seuls, soit en chauffage mixte, dans presque toutes les marines militaires. L'Angleterre a installé la chauffe mixte sur ses cuirassés modernes; les Etats-Unis se font une règle de se servir de ces résidus pour les croiseurs et les torpilleurs. L'Italie, l'Allemagne poursuivent la chauffe mixte des plus grands bâtiments et la chauffe directe des torpilleurs. La France a une importante flottille de contre-torpilleurs et de sous-marins brûlant uniquement du mazout.

M. Detœuf fait nettement ressortir les avantages du combustible liquide pour la marine. Le combustible liquide remplit complètement les soutes de forme compliquée, où l'on a parfois de si grandes difficultés à arrimer le charbon. Il permet une chauffe facile avec plusieurs brûleurs dirigés par un seul chauffeur; il présente une grande aisance dans le réglage. Chaque tonne de mazout remplace une tonne un tiers de charbon. « A tout cela s'ajoutent un accroissement énorme de la rapidité d'embarquement, le liquide se transportant par tuyautages cinq ou six fois plus rapidement que les briquettes ou le charbon que l'on transporte à bras d'hommes; puis la sécurité qui résulte de l'emploi d'un foyer sans porte, c'est-à-dire l'assurance presque complète contre les retours de flammes, causes de si terribles accidents; ensuite la régularité de la combustion, que rien ne trouble plus, une fois l'allure établie, et comme conséquence, la suppression presque absolue des fumées, important appoint d'ordre militaire. »

La raison prépondérante du succès de la chauffe au pétrole pour la marine se trouve dans la suppression presque totale de la fatigue du personnel de chauffe.

Coalescence et régénération du caoutchouc. — M. C. W. Weijs accélère la coagulation du latex du *Ficus elastica*, des plantations de Java, en procédant comme il suit. Il commence par travailler une petite quantité de latex, soit un litre, dans un vase de zinc, avec une spatule de bois. Puis, lorsque cette petite quantité de latex s'est coagulée, il l'ajoute, en portions, au latex frais, et il obtient une coagulation deux fois plus rapidement, sans être obligé de chauffer le second jour.

M. E. Fickendey, dans la Z. für Chemie und Industrie der Kolloide (1910, p. 43), propose de remplacer le mot coagulation par le mot coalescence, parce que le latex du caoutchouc est une émulsion stabilisée par la présence de colloïdes protéiques ou peptoniques. La coalescence se produit si l'on étend l'émulsion avec de l'eau, qui diminue l'action protectrice des protéines, ou si l'on ajoute des substances qui précipitent ces protéines ou ces peptones, selon le cas. Cette séparation est un phénomène réversible. Le formol précipite les peptones et non les protéines; il servira donc pour la seconde classe de latex. Quant à la conversion des globules liquides de latex en caoutchouc élastique, on la considère, en général, comme un cas de polymérisation.

En attendant l'essor du caoutchouc synthétique qu'on est en droit de prévoir (1), le caoutchouc régénéré conserve sa grande importance. M. Paul Alexander expose toute la technique de la régénération du caoutchouc dans une série d'articles que la Chemiker-Zeitung de 1910 a publiés.

La régénération du caoutchouc, ou la séparation du soufre que la vulcanisation a combiné avec le caoutchouc, n'est pas encore possible dans son intégrité absolue, malgré le nombre très grand de brevets pris pour cet objet. La combinaison du soufre avec le caoutchouc présente une stabilité si exceptionnelle qu'aucun agent chimique capable d'agir sur le soufre n'a pu dévulcaniser le caoutchouc, bien que tous aient été essayés.

M. Paul Alexander définit le caoutchouc régénéré: un produit dérivé des déchets de caoutchouc et offrant une plus grande plasticité.

Par élimination partielle du soufre, un grand nombre de chercheurs ont obtenu, en faisant intervenir l'action de la chaleur, des régénérés utilisables. Cette action est le facteur important du retour des déchets à un degré de plasticité qui permette le travail aux mélangeurs. Les températures les plus convenables pour obtenir ce retour sont comprises entre 150° et 180°, c'est-à-dire dans l'intervalle de degrés où l'on effectue la vulcanisation; mais pour le retour à la plastification, il est nécessaire de faire durer l'action de la chaleur plusieurs heures, et il est utile de se servir d'un milieu liquide.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 1, p. 58.

Si le caoutchouc à régénérer renferme des fibres textiles, il faut les éliminer. On y arrive soit par voie mécanique, soit par voie chimique. Par voie mécanique, on pulvérise la matière, puis on la soumet à l'action d'une soufflerie d'air qui sépare les fibres textiles plus légères des débris de caoutchouc. Par voie chimique, on fait subir à la matière un traitement acide (procédé américain Mitchel, dit procédé acide). Récemment, l'Anglais Marks a proposé d'hydrolyser les fibres textiles par traitement alcalin sous pression.

Les particules de fer s'éliminent au moyen d'un aimant. Les substances minérales ne peuvent s'éliminer tout à fait, qu'indirectement, en dissolvant le caoutchouc dans des hydrocarbures. Mais, en pratique, on les élimine suffisamment par un traitement en lessives aqueuses.

Pour apprécier la qualité d'un régénéré, M. P. Alexander regarde comme nécessaires la détermination de la charge restante, celle de la substance caoutchouc, celle du coefficient de vulcanisation, celle des constantes physiques du mélange fabriqué avec le régénéré; enfin, l'examen des modifications subies par le régénéré avec le temps, sous l'influence de la lumière et de l'air.

En dehors des cas assez rares où le caoutchouc s'emploie soit à l'état brut, soit à l'état pur, les régénérés à faible coefficient de vulcanisation et à faible charge peuvent servir à fabriquer tous les genres de caoutchouc souple ou durci de bonne qualité. Aussi l'industrie des régénérés, déjà si développée aux Etats-Unis, s'est-elle propagée en Europe. D'ailleurs, on ne connaît aucun moyen de caractériser dans un objet la présence du régénéré, encore moins de déterminer sa proportion.

Essai des manchons à incandescence. — L'essai des manchons à incandescence se fait d'une façon un peu précaire. MM. J. H. Coste et W. E. F. Powney, dans le *Journal of the Society of Chemical Industry* (31 janvier 1911, p. 65), donnent une méthode plus brève que celles proposées jusqu'ici, mais qui soulève encore des difficultés.

Pour l'essai de durée par chocs, ils recommandent de se servir d'un petit appareil en usage à la Metropolitan Gaz Cy. de Londres, qui consiste en une sorte de très petit tampon, mû par une turbine à eau et donnant 300 chocs à la minute. Il faut avoir soin auparavant de brûler les manchons pendant cinq minutes.

L'essai de photométrie se fait au moyen de la lampe au pentane de Barcourt.

D'après M. W. J. Dibdin, il n'y aurait pas d'essai bien approprié. Fait curieux, un manchon de 80 bougies tombe à 30 au bout de quelque temps; si alors on le soumet à des chocs, il peut être revivifié, probablement parce que les vibrations font tomber une couche d'oxyde peu lumineuse.

Action des eaux de la mer sur les ciments. — Le Dr H. Burchartz, collaborateur de la Königlische Materialprüfungsamt de Gross-Lichterfelde, près Berlin, a, depuis plusieurs années, porté ses efforts sur les essais des ciments et bétons. On trouvera ses travaux dans les *Mitteilungen* de cette institution. Il a étudié en 1910 l'influence du chlorure de calcium sur le portland et les propriétés du ciment portland d'origine allemande. Il vient de donner les résultats des essais poursuivis pendant plusieurs années sur l'action des eaux de la mer sur le ciment.

Ces résultats prouvent qu'un mortier résiste d'autant mieux à l'action des eaux de la mer que son ciment est plus riche en chaux, et qu'il a été préparé aussi doux que possible. Les blocs pour jetées et enrochements seront donc, eux aussi, préparés en les serrant autant qu'il se

peut, de façon que leur prise soit lente, bien que complète avant l'immersion dans la mer.

Peintures sur bois et sur fers ou aciers. — La question de la meilleure peinture pour bois, fers et aciers reste toujours d'actualité pratique. Elle inspire, en particulier aux Etats-Unis, de nombreuses recherches dont ces notes se sont déjà fait l'écho (*).

M. H. A. Gardner (J. of Franklin Institute, janvier 1911, p. 55) a étudié les substituts proposés pour remplacer l'huile de lin. Il trouve que l'huile de soya réagit vis-à-vis les siccatifs au plomb ou au manganèse absolument comme l'huile de lin, et il se prononce en faveur de son introduction modérée dans l'huile de lin.

L'huile de tung ou huile de bois de Chine est bonne, d'après lui, quand il s'agit de peindre des constructions métalliques ou cimentées, et aussi dans le cas où l'on veut rendre hydrofuges des constructions. Les spécialistes Toch et Lewkowitsch l'avaient déjà recommandée en certaines circonstances.

Toch a conseillé aussi l'emploi de l'huile de Menhaden pour les peintures qui se trouvent exposées à l'action des fumées ou des eaux de la mer. C'est une huile de poisson douée d'une forte siccativité.

L'huile de tournesol, l'huile de perilla seraient de bons substituts, mais leur production est très restreinte; on n'en trouve guère dans le commerce.

Pour conclure, M. Gardner préconise un mélange, à parties égales, d'huile de lin et d'huile de pin. Il spécifie de ne pas dépasser, en siccatifs, 0,02 % de manganèse et 0,50 d'oxyde de plomb, si l'on ne veut pas avoir des pellicules cassantes.

Notons encore la remarque suivante: Les huiles, rendues siccatives par l'huile de plomb, sont moins sensibles aux influences de l'humidité atmosphérique que les huiles qui renferment du manganèse, bien qu'elles sèchent moins vite dans une atmosphère humide.

De son côté, M. L. S. Hughes (J. of industrial and engineering Chemistry, janvier 1911, p. 39) a tâché d'établir la formule-type d'une bonne peinture. Pour lui, si la question de l'huile reste en suspens, la question du pigment est presque résolue. Ce doit être un mélange d'oxyde de zinc et d'oxyde de plomb obtenus par sublimation, dont les proportions répondent au pouvoir couvrant et au pouvoir adhésif que nécessitent les circonstances en jeu, et avec une addition de parcelles cristallines plus grossières, de façon à assurer l'épaisseur de la couche.

Il est intéressant de signaler aussi le travail que MM. L. Wähler et C. Coudrea ont donné (*Zeitschrift für angewandte Chemie*, 1910) sur les couleurs d'oxyde de fer.

Ces couleurs forment les ocre, les colcotars, les terres d'Ombre et de Sienne, les rouges anglais du commerce; on a ainsi des jaunes, des bruns, des violets foncés très stables. D'après les ouvrages classiques, on les obtient industriellement en chauffant à 800° de l'oxyde de fer avec 2 à 6 % de sel marin. Selon qu'on chauffe plus fort et qu'on emploie plus de sel, la couleur diffère.

Des essais que les auteurs du mémoire ont faits sur ce point spécial de la technologie chimique, ils déduisent que la couleur violette peut s'obtenir avec d'autres sels que le sel marin; en particulier avec du borax, dont l'emploi permet d'abaisser la température de formation, parce que celle-ci s'opère à la fusion du sel ajouté.

Enfin, les auteurs sont arrivés à obtenir la rétrogradation du produit violet en un oxyde jaune-rouge, en broyant le violet et en combinant ce broyage avec des mises en suspension. La couleur dépend surtout de la grosseur des parcelles du produit final. J. GARÇON.

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AÉRODYNAMIQUE

La loi de comparaison de Froude appliquée aux navires aériens. — L'équation de Bernoulli, appliquée au mouvement dans un fluide élastique tel que l'atmosphère, s'écrit :

$$\frac{p^{1-\gamma}}{K(1-\gamma)} + \frac{1}{2} V^2 = gz + C^0,$$

la relation liant la densité à la pression étant :

$$\rho = K p^\gamma.$$

Dans ces formules, V désigne la vitesse, z la coordonnée verticale, p la pression du fluide, ρ sa densité, K et γ sont des constantes.

Soit n le rapport des dimensions linéaires du navire et du modèle, on a :

$$\frac{n(p^{1-\gamma} - p_0^{1-\gamma})}{K} = \frac{P^{1-\gamma} - P_0^{1-\gamma}}{K_1},$$

p étant la pression sur le modèle, P la pression sur le navire; p_0

1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), p. 586.

et P_0 représentent respectivement les pressions atmosphériques normales sur le modèle et sur le navire.

Posons :

$$\frac{P}{P_0} = 1 - \delta; \quad \frac{P}{P_0} = 1 - \Delta,$$

et supposons δ et Δ assez petits pour pouvoir écrire :

$$\left(\frac{P}{P_0}\right)^{1-\gamma} = (1-\delta)^{1-\gamma} = 1 - (1-\gamma)\delta,$$

$$\left(\frac{P}{P_0}\right)^{1-\gamma} = 1 - (1-\gamma)\Delta,$$

d'où :

$$\left(\frac{P}{P_0}\right)^{1-\gamma} = 1 - (1-\gamma) \left(1 - \frac{P}{P_0}\right),$$

$$\left(\frac{P}{P_0}\right)^{1-\gamma} = 1 - (1-\gamma) \left(1 - \frac{P}{P_0}\right).$$

Faisant les substitutions nécessaires, on obtient pour P la valeur suivante :

$$P = \frac{n \rho_0^4}{\rho_0} p - \left(\frac{n \rho_0^4}{\rho_0} p_0 - P_0 \right),$$

où ρ_0 et ρ_0^4 sont les densités normales de l'atmosphère pour le modèle et le navire.

Puisque la résistance est la somme des composantes des pressions sur chaque élément de surface et que les surfaces du navire et du modèle sont dans le rapport n^2 , on obtient :

$$R = \frac{n^3 \rho_0^4}{\rho_0} r,$$

où R et r représentent les résistances du navire et du modèle.

Dans le calcul, on s'est borné aux deux premiers termes pour le développement en série de $(1-\delta)^{1-\gamma}$ et de $(1-\Delta)^{1-\gamma}$. L'auteur montre que l'erreur commise dans cette approximation est négligeable.

(Communication de M. S. Yokota, professeur à l'Université impériale de Tokio, au Congrès annuel de The Japanese Institution of Naval Architects, 5 novembre 1910.)

L'action du vent sur les lignes aériennes. — De nombreuses expériences ont été faites sur des fils métalliques lisses, dont le diamètre a varié de 1 à 13 mm. et pour des vitesses qui ont atteint 42 mètres par seconde. Elles ont donné 0,06 comme valeur moyenne de K dans la formule de résistance au mouvement :

$$F = KSV^2,$$

la force étant exprimée en kilogrammes, la surface en mètres carrés, la vitesse en mètres par seconde.

Pour les tresses métalliques, on a obtenu pour K la valeur 0,066. (Communication de M. F. Bertozzi Olmeda, Atti della Associazione Elettrotecnica Italiana, janvier 1911.)

Chute d'aéroplanes et causes probables. — Il faudrait chercher l'explication des chutes nombreuses d'aéroplanes, survenues à la fin de 1910, dans les effets gyroscopiques de l'hélice et du moteur.

Il est à remarquer, en effet, que c'est presque toujours dans un virage que la chute a lieu. Les conditions normales de sustentation de l'appareil seraient-elles détruites par la diminution de vitesse que provoque la résistance du gouvernail? Cela n'est pas probable, car dans ce cas, l'appareil devrait descendre en vol plané et non pas capoter. M. Bouchaud-Praceiq se livra alors à plusieurs expériences dans le but de voir si l'hélice et le moteur n'agiraient pas par leur résistance gyroscopique, s'opposant ainsi violemment à tout changement de direction. Pour cela, il suspendit une planchette par deux fils attachés à son centre de gravité. Il installa deux gyroscopes sur cette planchette figurant un aéroplane, l'un représentant le moteur, l'autre, à l'avant, l'hélice. Après avoir fait tourner les deux gyroscopes dans le même sens, il essaya de faire virer l'aéroplane. Dans un sens de rotation, l'aéroplane piquait vers le sol; dans l'autre, il se cabrait invinciblement. Au contraire, faisant tourner les deux gyroscopes en sens inverse, la planchette put être dirigée à gauche ou à droite, sans cesser pour cela de garder l'horizontalité.

Il faut donc faire tourner l'hélice en sens inverse du moteur et com-

biner les masses en mouvement avec les rayons de giration, de façon que les couples giratoires résultants se contre-balaucent autant que possible. Si l'hélice est sur l'arbre même du moteur, on peut la commander par un différentiel. Si elle est sur un arbre distinct, mais voisin de celui du moteur, deux engrenages suffiront. Si au contraire les deux arbres sont éloignés, une chaîne croisée paraîtra tout indiquée comme liaison mécanique. Dans les biplans Wright, par exemple, les deux hélices tournant en sens inverse, l'influence nuisible est diminuée d'au moins 50 % : en effet, l'action du moteur subsiste seule. Dans l'appareil Ligez, l'hélice est commandée par une paire d'engrenages démultiplicateurs. Il ne doit donc y avoir, dans ce cas, aucune action nuisible, ainsi que paraissent bien le confirmer les récentes expériences faites à Issy-les-Moulineaux.

(Communication de M. Bouchaud-Praceiq à la Société des Ingénieurs civils, séance du 20 janvier 1911.)

CHIMIE

Le rôle de l'eau en brasserie. — Une influence peu connue de l'eau s'exerce sur la filtration en cuve-matière et le brasseur perd souvent du rendement en attribuant uniquement à une farine trop fine les difficultés de filtration qu'il éprouve. Il est, en effet, conduit à employer une farine plus grossière, qui filtre plus aisément, mais garde une forte proportion d'amidon non saccharifié. Au lieu de cela, il suffit souvent de corriger l'eau pour avoir une bonne filtration. Une brasserie a pu ainsi abaisser de six heures à trois heures et demie la durée du filtrage, par simple addition d'acide phosphorique tant aux eaux d'arrosage qu'à celles de brassage.

La bière est parfois très sensible au froid et reste trouble de l'automne à l'été; cela tient à une eau trop douce, que l'on peut corriger en mettant du gypse dans les cuves à cuire, dans les eaux d'arrosage et de brassage.

Le défaut de cassure provient presque toujours de l'eau, soit qu'elle devienne alcaline, soit qu'elle contienne du fer, qu'elle peut d'ailleurs dissoudre pendant les opérations de brassage.

L'eau agit sur la couleur de la bière : on ne peut pas obtenir de bière pâle avec une eau nettement alcaline.

L'eau douce fournit des bières sèches et un peu âpres au goût. L'addition d'une quantité convenable d'acide les rend douces et moelleuses.

Le fer, même en faible quantité, immobilise une dose appréciable des éléments amers du houblon, de sorte qu'en sa présence on ne peut obtenir que des bières peu amères.

Le résultat de la fabrication ne dépend pas seulement de l'eau de la brasserie, mais encore de l'eau qui sert à tremper l'orge, et l'expérience a montré que la brasserie dont l'eau est très douce a intérêt à employer du malt fabriqué avec de l'eau très dure, et inversement.

(Conférence de M. P. Petit au Syndicat des brasseurs de l'arrondissement de Valenciennes, 17 décembre 1910.)

La désulfitation des vins par l'hexaméthylènetétramine. — L'hexaméthylènetétramine, connue en pharmacie sous le nom d'urotropine, est frauduleusement employée, depuis peu de temps, pour ramener au taux légal de 350 milligrammes par litre, la teneur en acide sulfureux des vins dans lesquels, pour une raison quelconque, cette dose aurait été dépassée.

Ce corps, obtenu par l'action de l'aldéhyde formique sur l'ammoniaque, fixe fortement l'acide sulfureux et permet de masquer à l'analyse la quantité réelle d'acide sulfureux que contenait un vin. Il est donc nécessaire, dans ce cas, de rechercher l'hexaméthylènetétramine ou ses produits de dissociation.

Il suffit, pour mettre en évidence l'aldéhyde formique, de traiter le vin par l'acide phosphorique, comme s'il s'agissait de doser l'acide sulfureux, et de distiller sans faire passer le courant d'acide carbonique. On reçoit le distillat dans une solution de bisulfite de rosaniline, qui prendra immédiatement la couleur violette caractéristique.

On peut aussi rechercher directement l'aldéhyde formique sur le vin décoloré au noir animal, mais il faudra se méfier alors de la couleur rose que prennent, sous l'action d'un acide, certains vins décolorés.

(Note de MM. Rouillard et Goujon, Association des ingénieurs de l'Institut industriel du Nord, décembre 1910.)

Mordantage des colorants de cuve sur l'indigo et les colorants de l'alizarine. — MM. Baumann et Thesmar ont montré, dans leur

étude sur l'hydrosulfiteformaldéhyde. la possibilité d'attaquer, au moyen de cette dernière, l'indigo, et de fixer en même temps les colorants de cuve de la série de l'indanthrène. Ce procédé de mordantage a été appliqué depuis, avec succès, par la firme Zündel, de Moscou, et il a permis de fixer des colorants de cuve sur des fibres imprégnées des couleurs dérivées de l'alizarine.

(Note de M. L. Baumann à la Société industrielle de Mulhouse, 4 janvier 1911.)

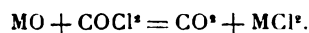
La conservation des couleurs au moyen de l'acide formique. — Une couleur composée d'acétate d'aluminium et de nitroalzarine ne tient pas, mais il n'en est pas de même si on remplace l'acétate par un formiate. La meilleure fixation de la nitroalzarine est obtenue par un mélange de formiate de calcium et d'aluminium dans le rapport $\text{Al}^{+3} : \text{CaO}$. Le ton obtenu est beaucoup plus foncé, plus riche et plus beau qu'avec l'acétate d'aluminium.

(Note de M. A. Scheurer à la Société industrielle de Mulhouse, 4 janvier 1911.)

Sur les propriétés électriques des alliages aluminium-magnésium. — L'auteur étudie la constitution des alliages aluminium-magnésium en se basant sur leurs propriétés électriques. L'existence des composés AlMg et AlMg^2 n'a pas été confirmée par l'étude de ces propriétés. Le microscope a, en outre, décelé une structure hétérogène.

(Note de M. Witold Bromewski présentée par M. H. Le Chatelier à l'Ac. des Sciences, 9 janvier 1911.)

Sur un mode général de préparation de chlorures anhydres. — L'emploi de l'oxychlorure de carbone constitue un bon mode de préparation des chlorures anhydres. La réaction est la suivante :



Les rendements obtenus sont en effet très satisfaisants, notamment pour les chlorures de terres rares, de titane, de zirconium, de chrome, de nickel, etc.

(Note de M. Ed. Chauvenet présentée par M. H. Le Chatelier, à l'Ac. des Sciences, 9 janvier 1911.)

Sur une source nouvelle de caoutchouc naturel. — Il s'agit de la Gomme de Jeloutong ou du « Borneo mort ».

Le Jeloutong provient d'un latex fourni par une plante de la famille des Apocynacées, le *Dyera rostrata* Hook. Il renferme 10 à 20 % de caoutchouc, et même plus. Les méthodes d'extraction ordinaires ne donnent pas de bons résultats. Il paraît préférable de faire agir tout d'abord sur la masse des substances, telles qu'un mélange d'alcool et d'éther ou de sulfure de carbone, qui gonflent la masse et la gélifient, puis de traiter la matière par des solvants, qui entraîneront aisément les résines. On obtient ainsi un caoutchouc recherché par l'industrie. Les « Dyera » abondent dans la Malaisie. La robustesse des arbres produisant le latex et leur haut rendement permettent de vendre la gomme de Jeloutong à très bas prix.

(Note de M. Dybowski présentée par M. Guignard à l'Ac. des Sciences, 9 janvier 1911.)

Empoisonnements par le cyanure de potassium. — L'antidote recommandé par le Comité de la « Chemical, metallurgical and Mining Society » de l'Afrique du Sud est : 30 cm³ de sulfate de fer à 20 % ; 30 cm³ de potasse à 5 % ; 2 grammes de magnésie en poudre. Cette quantité est suffisante pour neutraliser 5 grammes de cyanure de potassium.

Le cacodylate de soude n'est plus employé.

(Engineering and Mining Journal, 28 janvier 1911.)

Corrosion des chaudières. — 1° Le cuivre préparé électrolytiquement est plus facilement corrodé par les eaux employées dans les chaudières que le cuivre ordinaire, bien que le premier soit chimiquement plus pur que le second ;

2° Le laiton est moins facilement attaqué que le cuivre. Le rapport de corrosion (poids du métal enlevé, divisé par poids total du métal) diminue graduellement lorsque la proportion de zinc dans l'alliage croît de 0 à 36 % ; il diminue très vite lorsque la proportion de zinc croît de 36 à 50 % et reste constant lorsque la teneur en zinc dépasse 50 %. Lorsque l'alliage contient moins de 36 % de zinc, la portion d'alliage enlevée par la corrosion a la même composition que le dernier, tandis que, si la teneur en zinc est plus grande que 36 %, la corrosion enlève du zinc pur ;

3° Dans ces alliages à forte teneur en zinc, une addition de nickel diminue la rapidité de corrosion ;

4° L'accroissement de vitesse de circulation de l'eau accroît la rapidité de corrosion ;

5° Cette dernière résultant en partie de la formation d'un courant électrique dû au contact de l'alliage avec un corps électro-négatif par rapport à ce dernier, on la diminuera beaucoup par un nettoyage fréquent des tubes d'eau ou corps de chaudières ;

6° La corrosion est en raison inverse de la masse de métal mis en contact avec l'eau. On augmentera les épaisseurs des tubes d'eau.

(Rapport de M. Guy D. Bengough lu au Comité de corrosion de The Institute of Metal.)

ÉLECTRICITÉ

L'Étalon Weston. I. — A partir du 1^{er} janvier 1911, la Physikalisch-technische Reichsanstalt adopte la valeur de 1,0183 volt international à 20° C. pour la force électromotrice de la pile-étalon Weston.

(Note de M. E. Warburg à la Société allemande de physique, séance du 16 décembre 1910.)

II. — A partir du 1^{er} janvier 1911, le Bureau of Standards adopte la valeur de 1,0183 volt international pour la force électromotrice de la pile-étalon Weston à 20° C.

Le volt international avait été défini, au Congrès de Chicago de 1893, au moyen de l'ohm et de l'ampère internationaux, et l'on avait

admis qu'il était pratiquement représenté par les $\frac{1000}{1434}$ de la force électromotrice d'un élément Clark à 15° C. Cependant, cette dernière valeur n'avait pas été adoptée par l'Allemagne, qui, dans les mêmes conditions, admettait comme force électromotrice de l'étalon Clark 1,4328 volt international.

Au Congrès de Londres, en 1908, le volt fut exprimé en unités absolues, et le volt international fut encore défini par l'intermédiaire de l'ohm et de l'ampère internationaux. On admit, provisoirement, comme unité de comparaison, la force électromotrice adoptée en Angleterre pour l'étalon Weston, c'est-à-dire 1,0184 volt à 20° C. Jusque-là cette force électromotrice avait été considérée comme égale à 1,0186 volt en Allemagne et à 1,019126 volt aux États-Unis.

(Bureau of Standards, circulaire n° 29, 31 décembre 1910.)

III. — A la suite d'expériences faites à Washington en avril-mai 1910, la valeur de la force électro-motrice de l'étalon Weston normal, fonctionnant avec un excès de cristaux de sulfate de cadmium, a été trouvée égale à 1,0183 volt international pour 20° C. Cette valeur avait été fixée provisoirement (Londres, 1908) à 1,0184 volt pour la même température.

(Communication de M. Janet à la Société Internationale des Electriciens, séance du 11 janvier 1911.)

L'Étalon Latimer-Clark. — Un décret français, de 1896, fixait à 1,434 V la force électro-motrice de l'étalon Latimer-Clark, sans spécifier la température, qu'on sous-entendait de 15°. Des expériences récentes ont montré que cette force électro-motrice de 1,434 V correspondait à une température de 13,8° C.

Ce résultat entraîne pour l'ohm international une différence d'environ $\frac{1}{10000}$ par rapport à l'ohm du laboratoire central.

(Communication de M. Janet à la Société Internationale des Electriciens, séance du 11 janvier 1911.)

Etude analytique des décharges atmosphériques au travers des câbles. — Les courants de foudre n'ont pas nécessairement la forme périodique de la décharge oscillante ; ils peuvent s'en rapprocher plus ou moins suivant la nature et la complexité des circuits de décharge.

Il y a lieu, dans l'établissement des parafoudres, de tenir compte de cette observation et de favoriser la production de courants oscillants par les dispositifs suivants :

1° Emploi d'une self induction entre le parafoudre et la ligne aérienne ;

2° Réduction à une valeur faible ou même suppression de la capacité mise en dérivation sur le parafoudre ;

3° Emploi d'une self-induction assez considérable entre le parafoudre et le câble ;

4° Eventuellement, emploi de condensateurs branchés de distance en distance entre les âmes du câble et la terre.

Enfin, il y a lieu de réduire autant que possible la résistance de l'ensemble des étincelles des parafoudres, en plaçant un assez grand nombre de ces appareils en parallèle.

(Note de M. E. Soumanne à la Société belge des électriciens. Bull. de décembre 1910.)

Télégraphie rapide. — Les appareils Mercadier et Magnuma utilisent, comme on sait, les électro-diapasons. Avec les oscillations de courants ainsi obtenues, on pourra peut-être atteindre 50 000 mots à l'heure sur un seul fil.

Actuellement, grâce aux appareils Mercadier, Siemens et Halske, Pollak et Virag (action d'un rayon lumineux), on semble pouvoir faire circuler simultanément, sur un fil, vingt-quatre dépêches et une conversation téléphonique.

(Discours de M. Carpentier à la Société des Ingénieurs civils. séance du 6 janvier 1911.)

Surtensions et surintensités. — Les appareils dont on se sert pour la protection contre les surtensions d'origine atmosphérique peuvent être, soit à fonctionnement discontinu comme les parafoudres à cornes ou à rouleaux, soit à fonctionnement continu comme les condensateurs (*). Les condensateurs laissent, en effet, passer la haute fréquence et on les emploie actuellement pour des lignes à 40 000 volts.

Les surtensions d'origine intérieure peuvent être dues à des phénomènes de résonance occasionnés par la capacité et la self des machines et des câbles. Si ces phénomènes sont permanents, il faut changer les constantes; s'ils sont accidentels, on peut les atténuer par des limiteurs de tension.

M. Giles, s'appuyant sur des analogies hydrauliques, fut conduit à créer un limiteur composé d'éléments en parallèle s'intercalant au fur et à mesure que les surtensions augmentent.

Pour le type de 10 000 volts, chaque élément est composé de la façon suivante :

Une boule e est reliée à un fil de ligne et séparée d'une autre boule e_1 par un intervalle d'air de 1 cm. Le diamètre de ces boules est de 12 mm. Une résistance R relie e_1 à une boule e_2 . Trois autres boules e_3 , e_4 , e_5 se trouvent à la suite des précédentes et sont isolées entre elles. Les boules e_2 , e_3 , e_4 sont reliées séparément à une portion d'armature d'un condensateur, dont l'autre armature est formée par une colonne métallique reliée à la terre. Quant à la boule e_5 , elle est à la terre.

e_1 est sensiblement au potentiel 0; si la tension de la ligne s'élève de 10 000 volts à 12 000 volts, une étincelle jaillit et e_1 se met au potentiel de 11 500 volts (une chute de 500 volts étant due à l'arc). e_2 prend le même potentiel, car R est négligeable jusqu'alors. Une étincelle jaillit de e_2 à e_3 , donnant encore lieu à une chute de tension de 500 volts. L'étincelle arrive finalement en e_5 . Les nombreuses étincelles évitent les oscillations en amortissant la décharge, et l'appareil par sa constitution même assure une extinction rapide.

Pour se protéger contre les surintensités dues à un court-circuit brusque sur le réseau, il y a avantage à augmenter la self des alternateurs au moyen de bobines sans fer placées en dehors des machines.

Avec des selfs munis de noyaux, on n'aurait pas le temps d'obtenir la magnétisation du fer.

(Note de M. Giles à la Société Internationale des Électriciens, séance du 11 janvier 1911.)

Destruction des isolants par ozonisation. — Les couches de coton sont rapidement oxydées par l'ozone; il se produit une sorte de combustion lente. Ce phénomène se remarque, en particulier, dans les parties du bobinage d'une machine placée dans les encoches et dans le bobinage des transformateurs à l'air libre dont le coton claque après un ou deux ans de fonctionnement.

Le remède consiste à chasser l'air contenu dans les bobinages et à le remplacer par un isolant compact. Pour les transformateurs, par exemple, ils doivent être disposés dans de l'huile exempte d'air et d'eau.

(Note de M. Giles à la Société Internationale des Électriciens, séance du 11 janvier 1911.)

Efforts exercés sur un conducteur par le courant qui le traverse.

Un courant électrique développerait une force mécanique axiale d'extension dans un conducteur soustrait à toute action extérieure; ce

phénomène serait dû à l'action magnétique du courant et la tendance à l'allongement permettrait parfois d'observer le pincement et la diminution de section du conducteur.

(Note de M. C. Hering. Journal of the Franklin Institute, janvier 1911.)

Oscillations provoquées par des lampes métalliques dans un circuit à courant alternatif. — Un circuit analogue à celui employé pour le pont de Wheatstone est composé de la façon suivante : dans deux des côtés opposés du quadrilatère, sont placées des lampes Z_1 , dans les deux autres, des lampes à charbon ou des résistances ordinaires. Lorsqu'on envoie dans une diagonale un courant alternatif, on obtient dans l'autre un courant qui oscille avec une fréquence double. C'est une démonstration évidente de la variation de température des lampes et de la forte variation de résistance qui en est la conséquence.

Si l'on connecte un galvanomètre pour courant continu aux deux extrémités d'une résistance placée dans un circuit à courant alternatif contenant une lampe métallique, le galvanomètre est parcouru par un faible courant continu. L'auteur en conclut que la présence d'une lampe métallique produit une onde de double fréquence, déphasée et superposée à l'onde fondamentale.

(Communication de M. G. Grassi. Atti della Associazione Elettrotecnica Italiana, janvier 1911.)

Pertes d'énergie dans les condensateurs traversés par des courants de haute fréquence. — De mesures faites sur de nombreux condensateurs, on a déduit des formules exponentielles donnant la perte d'énergie, en fonction de la force électromotrice. On mesura aussi la relation entre l'intensité I du courant et la résistance R du circuit.

Pour un condensateur formé de plaques de métal plongées dans de l'huile de vaseline d'une capacité de 0.00266 microfarad, on trouva : $RI^2 = 4.42$. La perte d'énergie D est reliée à la force électromotrice E par une formule de la forme $D = x E^n$.

Pour une même huile et un même condensateur, y reste le même et x varie à peu près en sens inverse de la capacité ou directement comme la densité de courant.

Exemples numériques : 1° Condensateur à huile :

Capacité : 0.00140 microfarad.	D = 243.2	$E^{2.15}$
— 0.00076 —	D = 550	$E^{2.15}$

2° Diélectrique en verre. Bouteilles de Leyde utilisées en télégraphie sans fil :

Capacité : 0.00200 microfarad.	D = 774	$E^{2.24}$
— 0.00204 —	D = 610	$E^{2.75}$
— 0.00211 —	D = 95	$E^{1.44}$

3° Diélectrique en ébonite :

Capacité : 0.00109 microfarad.	D = 590	$E^{2.5}$
--------------------------------	---------	-----------

Il résulte de ces chiffres, que l'énergie perdue dans les condensateurs ayant pour diélectriques l'air ou l'huile est faible, et de l'ordre de quelques milliers de microwatts par centimètre cube pour des forces électriques de l'ordre de deux unités électrostatiques. Si le diélectrique est du verre ou de l'ébonite, les pertes internes d'énergie peuvent devenir beaucoup plus grandes.

Ces pertes varient avec la densité électrique, la nature du verre employé, etc. Enfin, l'auteur conclut en disant que, pour les condensateurs de petites dimensions, c'est l'huile qui constitue le meilleur diélectrique, alors que, pour ceux de grandes dimensions, on peut employer l'air, à condition d'éviter l'ionisation de ce dernier par des forces électromotrices trop grandes.

(Rapport de M. J. A. Fleming lu devant the Physical Society, en janvier 1911.)

MÉCANIQUE

Indicateur enregistrant les pressions exercées dans les poinçonneuses. — M. Gardner G. Anthony vient de décrire un appareil permettant l'enregistrement des pressions exercées à chaque instant, pendant le poinçonnage des tôles, avec la même rapidité et la même facilité que l'enregistrement des pressions dans un cylindre de machine à vapeur.

De nombreuses courbes, ainsi obtenues, ont permis de déterminer : 1° les pressions maxima pour lesquelles les machines à poinçonner doivent être construites, dans chaque cas;

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 1 (décembre 1908), p. 20; t. I, n° 2 (janvier 1909), p. 60.

2° La position du poinçon au moment de l'effort maximum en fonction de l'épaisseur de la tôle ;

3° L'influence de la variation du jeu entre la matrice et le poinçon et celle de la forme du poinçon ;

3° La variation de l'effort maximum nécessaire avec la variation de vitesse du poinçonnage. Voici quelques chiffres obtenus expérimentalement :

Influence du jeu sur la pression maximum.

TYPÉ DU POINÇON	DIAMÈTRE du poinçon en pouces ($\frac{10}{4}$ cm.)	JEU EN POUCES	PRESSIION maximum en lb (450 gr.) par pouce carré
A bout plat . . .	0,702	0,065	32 000
— . . .	0,738	0,029	33 000
— . . .	0,750	0,017	34 000
A bout conique . . .	0,702	0,065	32 000
— . . .	0,738	0,029	34 000
— . . .	0,735	0,017	34 000

Influence de la vitesse sur la pression maximum.

TEMPS en secondes	PRESSIION MAXIMUM en lb (450 gr.) par pouce carré (1 pouce = $\frac{10}{4}$ cm.)	POURCENTAGE de l'épaisseur de la tôle au moment où s'exerce la pression maximum
14 . . .	31 000	10 %
80 . . .	30 000	18 %
390 . . .	25 000	18 %
195 . . .	26 000	13 %

Communication faite par le professeur *Gardner G. Anthony*, à The American Society of Mechanical Engineers, janvier 1911.)

Équipement des grues de chargement et déchargement. — L'équipement électrique des grues de chargement réalise une grande économie sur l'équipement hydraulique. Le chargement de 1 000 tonnes de houille effectué par deux grues dans des conditions identiques est revenu à 10 sh. 11 d. (13 fr. 60) avec la grue électrique et 18 sh. 11 d. (23 fr. 60) avec la grue hydraulique. La grue hydraulique et la grue électrique ne peuvent lutter que lorsqu'elles travaillent à charge constante.

Rapport de MM. *W. Dixon* et *C. H. Barter* lu à The Institution of mechanical engineers, 20 janvier 1911.)

MÉTALLURGIE

Influence du soufre et du silicium sur la fonte. — On attribue au soufre la propriété de rendre la fonte blanche en retenant le carbone à l'état combiné. Le silicium a une influence contraire, puisqu'il décompose les carbures. M. Stead a étudié l'influence de ces deux corps. Ses expériences ont fait voir que le soufre cristallise avec les carbures sous la forme d'un composé encore indéterminé. Tout ce qu'on sait, c'est que la proportion de soufre combiné ne dépasse pas un millième du poids du carbure, et que cette faible quantité suffit cependant à rendre le carbone plus stable et à empêcher la séparation du graphite. Le silicium semble également cristalliser tout d'abord, avec les carbures de fer, pour former des carbo-siliciures instables, qui se décomposent en graphite et en silico-austénite. La séparation de ce graphite donne aux fontes riches en silicium et pauvres en soufre une teinte grise connue.

Note de M. *Stead*, au Congrès de l'Association britannique pour l'avancement des Sciences, Sheffield 1910.)

Soufflures des lingots d'acier. — Lors de la solidification des métaux fondus, il se forme des soufflures ou bulles gazeuses, par suite de la mise en liberté de gaz par le métal sursaturé. On constate aussi la formation d'une retassure ou cavité centrale provoquée par la contraction du métal. On favorise pratiquement la formation de nombreuses soufflures pour empêcher celle de la retassure par la compression du métal, puis on fait disparaître les soufflures en laminant à chaud le lingot en plaques. Les expériences

de M. Howe ont démontré que les gaz des soufflures sont réabsorbés intégralement par le métal, dont les bords se ressolident par suite de la haute température et de la pression produites. L'exposition prolongée, à une température très élevée au point de soudure du métal, facilite cette réabsorption beaucoup plus que le laminage direct. Les expériences de M. F.-M. Parkin, citées par M. Stead, ont démontré que deux surfaces métalliques, débarrassées d'oxydes et de substances étrangères, se soudent complètement si on les met en contact et si on les forge entre 1 100° et 1 150°.

(Note de M. H.-M. Howe, au Congrès de l'Association britannique pour l'avancement des Sciences, Sheffield, 1910.)

MINES

Sur le gisement métallifère du Gebel Roussas (Egypte). — Le gîte métallifère du Gebel Roussas « montagne de plante » est situé sur le littoral de la mer Rouge, à 110 km. au sud de Kossair, par 34°42' de longitude de Greenwich et 25°17' de latitude nord. Une coupe NNO et SSE montre, avec un pendage de 5° environ, quatre niveaux fortement minéralisés, séparés par des couches à faible minéralisation et se continuant sur près de 1 km. La coupe peut s'établir ainsi de haut en bas : après 3 ou 4 mètres de cailloutis archéen dans du sable quartzueux et granitique, un calcaire siliceux apparaît contenant 32,7 % de carbonate de zinc (17 % de Zn) avec des rognons de calamine silicatée (1 % de Pb à l'état de carbonate de Pb). Puissance de la couche = 0,40. Après 4 à 5 mètres de marnes vertes (avec 6 à 10 % de Zn), on trouve une couche de calamine carbonatée avec traces de cérosite et de protoxyde de fer et de manganèse (86 % de $H^+Zn^+CO^+$; puissance de la couche = 0^m,60). Nouvelle couche de 3 à 5 mètres de marnes vertes de 10 à 17 % de Zn, contenant des lentilles de limonite zincifère (25 % de Zn).

La troisième couche minéralisée est alors un complexe de zinconise avec géodes de smithsonite empâtant d'énormes amas de galène. On y trouve également du manganèse et du fer (Puissance = 1^m,50 à 2 mètres). 5 à 6 mètres de marnes argileuses viennent ensuite avant d'atteindre le quatrième niveau, formé d'une couche de zinconise de couleur chocolat, avec amas de galène et d'assez grandes poches de cérosite (Puissance = 0^m,50).

Enfin le mur actuel de la mine, d'une hauteur visible de 3 mètres, est formé de sables et de grès quartzueux rougeâtre.

Cette venue métallifère paraît d'origine récente et serait le résultat d'une double substitution, incomplète pour le plomb, et complète pour le zinc, produite par une venue sulfurée acide au contact du complexe marno-calcaire.

L'action des eaux superficielles n'eut donc d'autre résultat, dans ce gîte, que de former des hydrocarbonates.

(Note de M. R. Fourteau présentée par M. A. Lacroix à l'Ac. des Sciences, 16 janvier 1911.)

PHYSIQUE

Siphon automatique. — L'amorçage automatique du siphon de M. Heugebauer est obtenu en communiquant au liquide une certaine énergie cinétique lui permettant de dépasser le niveau correspondant à l'équilibre statique dans le tube.

Pour cela, le siphon (fig. 1) comporte, en plus de la courbure ordinaire s_1 , deux courbures a et s_2 . Si le niveau du liquide dans le récipient atteint la courbure s_1 , le fluide se précipite vers la courbure a , avec une vitesse dépendant de la pression h . On conçoit que l'énergie cinétique ainsi acquise puisse être suffisante pour amener le liquide au delà de la courbure s_2 à un niveau inférieur à celui du récipient. Le siphon est amorcé et fonctionne jusqu'à ce que le niveau du récipient atteigne l'ouverture e .

(Communication de M. *Ittis*, Elsass-Lothringer Bezirksverein deutscher Ingenieure, séance du 12 décembre 1910.)

Condenseur à surface. — Le capitaine Wadagaki a installé, au Sasebo Imperial Dockyard, deux condenseurs destinés à des unités génératrices de 1 500 kilowatts et schématiquement représentés par la figure 1. La vapeur d'échappement entre par la partie inférieure tangentielle à la paroi du condenseur et abandonne à l'entrée l'eau entraînée. Parallèlement à l'axe du condenseur, se trouve un

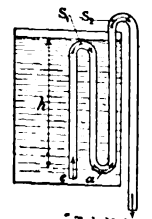


FIG. 1.

large tuyau légèrement excentré et fendu, ainsi que l'indique la figure 1. A l'intérieur de ce tuyau comme à l'extérieur sont placés des tubes refroidisseurs.

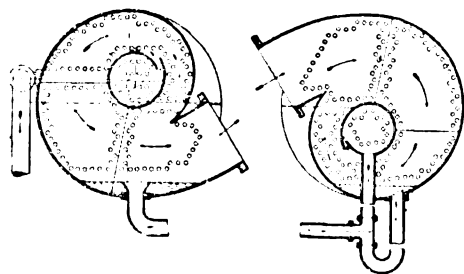


FIG. 1.

Par suite de la vitesse de la vapeur, il se produit une circulation intense de cette dernière dans l'espace annulaire compris entre le tuyau et les parois du condenseur, ce qui entraîne une sorte de centrifugation de l'eau condensée. Cette dernière se rassemble au fond du condenseur

FIG. 2.

et est aspirée par une pompe. L'aspiration de l'air se fait dans le large tuyau, où se trouvent d'ailleurs les tubes les plus froids.

La figure 2 indique une autre disposition du condenseur avec une pompe unique.

Le rendement obtenu à Sasebo au moyen de ces appareils a été très satisfaisant.

(Note de M. Y. Wadagaki, capitaine-constructeur de la Marine impériale japonaise, au Congrès annuel de The Japanese Institution of Naval Architects, 5 novembre 1910.)

Le chauffage des chambres de vapeur dans les chaudières. —

Comme on le sait, les chaudières comprennent une chambre d'eau et une chambre de vapeur. En général, la chambre d'eau est seule chauffée; cependant, le règlement belge sur l'installation des machines à vapeur autorise le chauffage de la chambre de vapeur, à la condition que les tôles ne soient pas soumises à une température supérieure à 350°.

On n'est jamais sûr que les gaz n'atteindront pas cette température; aussi, pour ne pas enfreindre le règlement, est-il plus prudent de ne pas les mettre en contact avec les tôles. De fait, en Belgique, on se contente généralement de chauffer les parois de la chaudière baignées par l'eau et de recouvrir les chambres de vapeur de sable ou de cendres brûlées.

En Allemagne, il n'y a pas de limite fixée pour la température des gaz pouvant être mis en contact avec les chambres de vapeur, et l'on a employé deux dispositions différentes pour le chauffage de ces dernières :

Les gaz pénètrent au-dessus de la chambre de vapeur par des ouvertures sans toutefois y être appelés par le tirage, ou, au contraire, les gaz circulent au-dessus de la chambre de vapeur avant de se rendre à la cheminée.

L'expérience a prouvé que ces dispositions n'ont pas donné d'économie de rendement et elles offrent un sérieux danger pour l'exploitation. En effet, à chaque mise à feu, il y a une chauffe partielle des tôles à sec lorsque la vapeur n'est pas encore formée, et le métal peut être amené à la température critique.

C'est avec raison que le règlement français interdit formellement le chauffage des parties importantes non baignées par l'eau.

(Communication de M. H.-J. Orval, ingénieur à Jupille, à l'Association des ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège, 6 novembre 1910.)

Suppression de la fumée des fours et chaudières. — Cette question est très importante dans les villes.

La quantité de fumée dépend :

- 1° Du pourcentage du combustible en matières volatiles;
- 2° Du pourcentage en cendres et de leur facilité de fendillement;
- 3° De l'humidité du combustible;
- 4° De la facilité d'agglomération de ce dernier;
- 5° De la grosseur du combustible;
- 6° De la quantité de combustible que l'on doit brûler dans un four déterminé;

7° De la nature du foyer;

8° De la quantité d'air, de sa vitesse et de sa régulation;

9° De la charge fixe ou variable;

10° De l'habileté du chauffeur.

L'auteur conclut en affirmant que :

1° Les foyers chargés uniquement à la main donneront peu de fumée avec des combustibles à faible teneur en matières volatiles et d'autant moins qu'on exigera une moins grande rapidité de combustion;

2° Les foyers avec voûte en briques sont plus fumivores;

3° Presque tous les fours peuvent être débarrassés de leur fumée par l'emploi de jets de vapeur;

4° Le chargement mécanique occasionne moins de dégagements de fumées que le chargement à la main, à condition d'employer de fortes charges de combustibles.

(Rapport présenté par M. D. F. Randall, au meeting de Boston de The American Society of Mechanical Engineers, novembre 1910.)

TRAVAUX PUBLICS

Chemins de fer anglais. — Par suite des limites que la largeur des voies impose à la construction, les difficultés deviennent de plus en plus grandes sur les voies ferrées des Iles Britanniques pour satisfaire aux exigences du trafic. Pour la force F en chevaux à développer aux roues motrices, lorsqu'on veut maintenir une vitesse de V milles par heure à niveau avec un train pesant W tonnes, on arrive à la formule :

$$F = W (V/70 + V^3/96.600).$$

D'autre part, la puissance indiquée étant, en pratique, proportionnelle à la surface de chauffe, la limite de puissance économique d'une locomotive roulant sur les voies anglaises est atteinte lorsque les dimensions de la chaudière touchent aux limites conciliables avec le gabarit des voies, la chaudière étant pourvue d'une grille de chauffage telle qu'à la vitesse maximum de travail, la consommation de combustible s'abaisse entre 70 et 100 livres de charbon par pied carré de grille et par heure.

M. Dalby cherche ensuite quel est le type de locomotive qui convient pour un service local à arrêts fréquents, en prenant pour base un train pesant 300 tonnes (avec sa machine) et devant démarrer et atteindre une vitesse de 30 milles à l'heure en trente secondes. La locomotive électrique est le type cherché. Le premier chemin de fer électrique anglais fut ouvert à la circulation le 18 décembre 1890 : c'est le *City and South London Electric Railway*. A la fin de 1908, le Royaume-Uni comptait 204 milles de chemins de fer à voie simple exploités uniquement par l'électricité et 200 milles exploités en partie électriquement. Les dépenses moyennes du trafic ont été de 22,3 pence par train-mille et les recettes totales de 38,65 pence, soit un coefficient d'exploitation de 50 %. Les frais de la traction électrique sont notamment inférieurs à ceux de la traction à vapeur.

(Note de M. W.-E. Dalby au Congrès de l'Association britannique pour l'avancement des Sciences. Sheffield, 1910.)

Transport des charbons. — Une loi anglaise fixe de la façon suivante les prix maximum des transports de charbons et de coques :

	PAR TONNE- MILLE (1)	PAR TONNE- KILOM.
	Pence	Francs
Pour les 10 premiers milles (16 km.) ou fraction.	1,75	0,122
Pour les 10 milles suivants (16 km.) ou fraction.	1,15	0,080
Pour les 15 milles suivants (24 km.) ou fraction.	0,75	0,048
Pour le reste de la distance	0,60	0,0385
Frais accessoires à chacune des deux stations extrêmes : 3 pence par tonne anglaise et 0 fr. 31 par tonne métrique.		

En général, les bases des barèmes des Compagnies sont plus réduites, sauf cependant sur certaines sections soumises à des tarifs particuliers, telles que celles de Blyth et Tyne sur le North-Eastern Railway.

Le type du wagon a une grande influence sur le coût du transport entre les charbonnages et les quais d'embarquement éloignés; ainsi une locomotive capable de remorquer en palier une charge utile de 1 000 tonnes anglaises en wagon de 40 tonnes, ne peut remorquer que 668 tonnes en wagons de 20 tonnes et 338 tonnes en wagons de 10 tonnes.

(Note de M. Kirsopp, Transactions of the Institution of Mining Engineers, 1909-1910, vol. XXXVIII.)

(1) La tonne anglaise = 1 016 kg.

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

ENSEIGNEMENT

Compte rendu du Congrès international de l'Enseignement technique supérieur (Bruxelles, 9-12 septembre 1910).

ANALYSE DES RAPPORTS ET COMMUNICATIONS PRÉSENTÉS AU CONGRÈS

(Suite et fin) (1).

L'enseignement de la technologie des matériaux de construction et notes sur l'éducation de l'ingénieur, par M. AVANDERKLOES, professeur de technologie des matériaux à Delft.

La connaissance, que possèdent les constructeurs sur les matériaux, est généralement insuffisante et bien inférieure à celle qu'en ont les techniciens; il est donc nécessaire qu'il y ait dans les écoles techniques supérieures une chaire d'enseignement de la technologie des matériaux et que ce cours soit confié à un professeur spécial ayant à sa disposition des collections de matériaux et les instruments et machines nécessaires pour les essayer. L'outillage étant coûteux, il serait avantageux de le mettre à la disposition des constructeurs moyennant une rétribution modérée. Ce système faciliterait d'ailleurs l'enseignement et permettrait au professeur de se tenir effectivement au courant des progrès industriels et d'y contribuer.

Pour ce qui est du stage pratique avant l'entrée à l'école supérieure, l'auteur y voit en premier lieu un moyen de sélection; c'est, de plus, un moyen de mûrir l'esprit de l'étudiant, avant de lui faire commencer des études où il devra forcément savoir se guider un peu par lui-même. On a objecté que des jeunes gens qui ne possèdent pas de connaissances techniques seront généralement mal accueillis dans les établissements industriels; cet inconvénient ne saurait exister si le stage pratique est bien dirigé, et cette direction est nécessaire pour que le stage soit profitable.

Rapport de M. LUNDBYE, directeur du bureau des voyages de l'Association des ingénieurs danois.

Pour que les voyages d'études soient efficaces, il est nécessaire que les jeunes ingénieurs puissent les préparer par une documentation sérieuse. L'Association des ingénieurs danois a dans ce but organisé, depuis quatre ans un service de renseignements indiquant aux jeunes techniciens les établissements industriels qu'ils peuvent trouver dans chaque région; le bureau possède des cartes tenues à jour et des notices mentionnant les publications où peuvent être puisées des indications relatives aux établissements cités. L'auteur estime que les associations d'ingénieurs devraient s'entendre pour multiplier les organismes de ce genre et leur donner une orientation commune.

Rapport de M. REJTO SANDOR, conseiller à la Cour, professeur à l'Ecole technique supérieure de Budapest.

L'auteur, s'occupant spécialement de l'enseignement de la technologie mécanique qu'il professe, est d'avis que les travaux pratiques doivent être approfondis et que les élèves doivent s'y livrer par groupes suffisamment

divisés pour que les aides puissent leur donner les renseignements nécessaires.

Comme il est impossible que le professeur décrive tout, des visites d'usines (hebdomadaires), sont indispensables, ainsi que des voyages de deux ou trois semaines, pendant les vacances; visites et voyages doivent se faire sous la direction du professeur.

D'autre part, s'il n'est pas utile que l'ingénieur connaisse le côté pratique du métier comme un ouvrier, il est indispensable, pour pouvoir apprécier la valeur des machines nouvelles, qu'il sache exécuter les travaux pratiques avec une certaine habileté; l'école doit donc posséder quelques bonnes machines, au fonctionnement desquelles l'élève peut être initié par des ouvriers experts; cet apprentissage doit être complété par des stages dans les ateliers et les usines.

La durée totale de ces stages pourrait être de six mois; une partie en serait faite pendant les vacances et le reste (soit trois mois par exemple), après les années de spécialisation; ce système est préférable à celui où les stages industriels précèdent les années d'enseignement théorique et spécial, parce que le séjour à l'usine ne peut être profitable aux jeunes gens qui ne possèdent pas déjà des connaissances techniques suffisantes du métier, à moins de durer plusieurs années, ce qui n'est pas désirable.

Les bourses de voyage doivent être accordées aux jeunes gens qui paraissent les mieux à même d'en tirer profit, pour se perfectionner dans leur spécialité. Leur durée doit s'étendre sur deux ou trois années.

Il pourrait être avantageux de compléter l'allocation de ces bourses par des échanges, entre les universités, de jeunes ingénieurs qui suivraient les cours dans l'université, où ils seraient envoyés en qualité d'assistants auxiliaires.

La démocratisation de l'enseignement technique supérieur, par M. MARCHAND, ingénieur à Bruxelles.

L'auteur estime que l'on devrait chercher davantage à confier aux établissements d'enseignement supérieur les jeunes gens qui sont le mieux aptes à en tirer profit et qu'il faudrait pour cela, non point se borner à choisir les meilleurs parmi ceux qui se présentent, mais faire en sorte que les meilleurs puissent se présenter. Le régime actuel des bourses d'études ne lui paraît pas suffisant pour arriver à ce résultat; il le considère comme une institution dégradante et est d'avis que les jeunes gens exceptionnellement doués pour les hautes études devraient être introduits de droit dans les écoles supérieures, quelle que fût leur situation de fortune, car le rôle de l'ingénieur est tellement important qu'il convient de ne recruter les techniciens que parmi les intelligences d'élite.

A ce point de vue, le système américain consistant à faire alterner les périodes d'enseignement théorique avec les périodes de travail à l'atelier ou à l'usine, semble présenter un intérêt spécial parce qu'il permet au jeune homme courageux de percer. Les travaux confiés à l'élève ne devraient pas nécessairement être des travaux d'apprenti; ils pourraient consister en travaux techniques, gradués en rapport avec les connaissances acquises; la formation de l'ingénieur serait ainsi méthodique et se ferait régulièrement dans le domaine théorique et dans le domaine pratique; la réalisation de ce système ne pourrait présenter que des avantages et il y aurait lieu de demander le con-

cours, pour y arriver, des grandes administrations publiques et privées.

L'ingénieur commercial et l'économie nationale, par M. DE MÉHELY, ingénieur, délégué du ministère royal de Commerce de Hongrie, à Budapest.

L'auteur expose l'intérêt de la création du grade d'ingénieur commercial; il étudie l'application du système concentrique et du système coopératif américain. Il est d'avis: que pour former des ingénieurs répondant aux besoins de la vie économique et industrielle, il y a lieu de créer des sections spéciales d'ingénieur commercial; que l'enseignement donné à la section d'ingénieurs commerciaux devrait avoir un caractère scientifique, pratique et encyclopédique; qu'un système basé sur un plan d'études concentrique faisant une place importante aux connaissances commerciales et économiques est propre à donner d'heureux résultats; que le système coopératif Schneider présente des avantages au point de vue d'une solide instruction pratique.

La formation des ingénieurs commerciaux à l'Ecole de commerce Solvay annexée à l'Université de Bruxelles, par MM. WAXWEILLER, MAINGIE, BAES, DE LEENER et JACOBSEN, directeur et professeurs à l'Ecole.

Les auteurs étudient le programme général, la formation mathématique et la formation technique des ingénieurs commerciaux à l'Ecole de commerce de l'Université de Bruxelles, en citant des exemples de travaux pratiques donnés aux étudiants.

Rapport de M. BELLOM, ingénieur en chef des mines, professeur d'économie industrielle à l'Ecole supérieure des mines de Paris.

L'auteur est d'avis que la nécessité d'une éducation commune à tous les ingénieurs est nécessaire. La question se pose de savoir si cette éducation doit comprendre des notions d'économie politique et de sociologie. Ce n'est que grâce à l'acquisition de connaissances économiques et sociales que l'ingénieur peut remplir intégralement la mission qui lui est dévolue, comme chef d'entreprise, comme ingénieur-conseil d'un établissement financier, comme conseiller d'un groupement industriel ou commercial, comme membre d'un parlement ou comme guide de l'opinion publique. L'intérêt de la collectivité se joint à celui du technicien pour former l'ingénieur sur le terrain économique et social. La spécialisation ne saurait être admise pour l'acquisition des connaissances économiques et sociales.

Les questions économiques et sociales nécessitent par contre la formation d'un corps de doctrine susceptible d'un enseignement méthodique, didactique; cet enseignement peut se limiter à des notions sommaires pour l'ensemble des ingénieurs, mais il doit comprendre l'énoncé des questions essentielles et permettre à l'élève l'acquisition des idées générales et des principes fondamentaux; il doit être donné à l'école technique et par un technicien; il doit approfondir, pour certains groupes de techniciens, ingénieurs commerciaux, ingénieurs coloniaux et agents consulaires, les matières propres à la spécialité de chacun d'eux.

Rapport de M. GÉRARD, ingénieur civil des mines, attaché au Crédit général liégeois.

La manière de voir de M. Gérard se rapproche de celle de M. Bellom. Il ne pourrait être question de réduire des cours dont l'utilité est évidente; le tout est de fixer les ma-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 10, p. 384; n° 11, p. 653; n° 12, p. 717; t. III (1911), n° 1, p. 62; n° 2, p. 125.

tières qui doivent rentrer dans cet enseignement et de préciser l'esprit dans lequel il doit être donné.

Dans l'économie politique — on peut écarter la sociologie pure — les futurs ingénieurs ont besoin de notions précises sur les grands phénomènes économiques; ces notions doivent constituer les bases scientifiques sur lesquelles ils puissent appuyer, en les coordonnant, les idées éparses recueillies au cours de leur expérience personnelle; elles doivent leur donner le goût des questions sociales et leur en faire voir l'intérêt.

Un cours de commerce et de comptabilité serait par contre, suivant l'auteur, sans utilité pour l'ingénieur, et il vaut mieux consacrer ce temps aux études techniques proprement dites.

Rapport sur les instituts formant les fonctionnaires techniques coloniaux, par M. Fox-TAINE, ingénieur, rédacteur au « Moniteur des Intérêts matériels », secrétaire général du Congrès.

Il serait utile de voir créer en Belgique des instituts spéciaux formant des ingénieurs coloniaux, sur le modèle de ceux organisés à la Sorbonne, depuis 1896, par l'Union coloniale française, et où les ingénieurs pourraient acquérir les connaissances complémentaires qui sont nécessaires dans les pays neufs; on pourrait aussi préparer des ingénieurs coloniaux spéciaux qui rendraient de réels services.

H. M.,
Délégué de « La Technique Moderne »
au Premier Congrès International
de l'Enseignement Technique Supérieur
de Bruxelles.

LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION

DU TRAVAIL INDUSTRIEL

Redevances des concessionnaires de mines.

Un décret du 24 décembre 1910 est relatif aux redevances fixe et proportionnelle que les concessionnaires de mines sont tenus de payer à l'Etat, en vertu de la loi du 8 avril 1910. L'article 4 de cette loi disait que les redevances à payer à l'Etat devaient être désormais réglées ainsi :

Redevance fixe. — La redevance fixe est calculée à raison de 50 centimes par hectare. Cette redevance est réduite à 15 centimes par hectare pour les concessions de mines de combustibles dont le périmètre n'est pas supérieur à 300 hectares et le revenu net à 1 500 francs, à la condition que le combustible produit par ces mines soit habituellement employé au chauffage domestique dans un rayon de 30 km. Elle n'est due qu'à partir du 1^{er} janvier de la troisième année qui suit celle au cours de laquelle le décret de concession est intervenu.

Redevance proportionnelle. — La redevance proportionnelle est calculée, chaque année, à raison de 6 % du produit net de l'exploitation de la concession pendant l'année précédente, dont 5 % au profit de l'Etat et 1 % au profit des communes.

Sont comprises dans l'évaluation du produit net toutes opérations commerciales ou industrielles consécutives et accessoires à l'exploitation. Ces opérations ne sont pas soumises à la contribution des patentes.

D'après le nouveau décret, le produit net, servant de base à la redevance proportionnelle est formé par l'excédent des recettes réalisées sur les dépenses d'établissement et d'exploitation effectuées pendant l'année précédant celle de l'imposition (art. 2).

Si des produits extraits de la mine sont livrés, à l'état brut ou après manipulation ou transformation, à une entreprise gérée par l'exploitant, et distincte de la mine et de ses industries annexes au point de vue de l'assiette

des redevances, ces produits, pour l'établissement de l'impôt, sont compris dans les recettes pour leur valeur marchande (art. 3).

Si l'exploitant gère ou dirige en dehors de la mine et de ses établissements annexes où s'effectuent exclusivement des opérations consécutives et accessoires, d'autres mines ou établissements distincts, les frais généraux de l'ensemble de l'entreprise ne sont admis en dépenses que jusqu'à concurrence de la part allérente à la concession et à ses annexes (art. 4).

Repos des spécialistes dans les usines à feu continu.

Un décret du 31 août 1910 a déterminé les dérogations particulières au repos des spécialistes occupés dans les usines à feu continu, telles que hauts fourneaux. Ce règlement complète la loi du 13 juillet 1906 sur le repos hebdomadaire.

Travail des enfants et des femmes.

Un décret du 23 novembre 1910 a ajouté, à la nomenclature des industries énumérées à l'article 5 du décret du 15 juillet 1893 modifié, l'industrie du pliage et de l'encartonnage des rubans. Le décret de 1893 est relatif à la durée du travail des enfants et des femmes.

Décisions en Comité central des armateurs de France.

Le Comité central des armateurs de France s'est entretenu de l'application de la loi du 17 avril 1907 et des règlements des 20 et 21 septembre 1908 sur la sécurité de la navigation et la réglementation du travail à bord des navires.

Au sujet du projet de loi sur l'autonomie des ports soumis au Sénat, le Conseil a décidé de demander qu'une disposition précise laisse à l'industrie privée les services de remorquage dans les ports, qu'elle exploite actuellement, lorsque ces services sont suffisants pour répondre aux besoins du port.

Modification du poids du carat

Le carat des joailliers français vaut 205 mmg. : le quart du carat ou grain vaut 51 mmg. 25. Il existe, en France, des poids depuis 1/64 de carat. Mais le carat varie suivant les pays. Aussi, une conférence internationale a-t-elle décidé l'unification du carat, à partir d'avril 1911.

Le nouveau carat appartiendra au système métrique. Il vaudra 200 mmg.; le nouveau grain vaudra donc 50 mmg.

Rappelons qu'en orfèvrerie, le carat n'est pas une mesure, c'est un rapport. Lorsqu'on parle d'or absolument pur, on l'appelle de l'or à 24 carats. L'or à 18 carats, par exemple, c'est de l'or qui renferme 18 parties d'or pur et 6 parties d'alliage. L'or des bijoutiers doit avoir 18 carats. C'est donc un alliage d'or au 18/24 ou, en langage de système métrique, au 750/1000.

STATISTIQUES

L'industrie électrique en Italie en 1909.

La *Rivista tecnica d'Electricità* constate, qu'en 1908-1909, on ne trouvait en Italie que 250 usines à gaz d'éclairage, contre 7 127 stations centrales électriques, ce qui représente, pour ces dernières, une augmentation numérique de près de deux tiers en dix ans.

5 148 de ces stations ne produisent de l'énergie électrique que pour l'usage spécial d'un seul établissement; mais les autres assurent un service public de distribution, savoir : 656 dans des centres de moins de 5 000 habitants, 379 dans des centres de 5 à 10 000 habitants, 553 dans des centres de 10 000 à

20 000 habitants et 200 dans des villes encore plus importantes.

La consommation totale de gaz a été, en 1908-1909, de 232,5 millions de m³, contre 220,4 millions durant l'exercice précédent. Celle d'énergie électrique s'est élevée à 1 129 millions d'hectowatts-heure, contre 1 008 millions pour l'exercice précédent.

L'augmentation pour les deux modes d'éclairage, durant ces dix dernières années, n'a pas cessé de s'accroître, comme le montre le tableau suivant :

CONSOMMATION en l'année	GAZ millions de m ³	ÉNERGIE ÉLECTRIQUE millions d'hect.-heure
1899-1900	132,8	267,7
1902-1903	155,7	451,6
1905-1906	189,4	738,3
1908-1909	232,5	1 129,2

L'augmentation moyenne annuelle, en ce qui concerne l'énergie électrique, peut s'évaluer à 18 %.

Statistique de l'industrie du fer en Russie en 1909.

La production et la vente du fer et de l'acier en Russie se sont accrues comme l'indiquent les chiffres suivants :

	PRODUCTION pouds (t)	VENTE pouds
1904	152 591 000	116 839 000
1906	139 125 000	112 492 000
1908	146 927 000	117 888 000
1909	161 580 000	131 344 000

Le sud de la Russie tend de plus en plus à monopoliser la fabrication des fers à T et long-rons. Il en est de même pour les gros rails dont la production a cessé dans les autres parties de l'empire, à l'exception de l'Oural, qui soutient encore la concurrence du Midi, grâce au bon marché de la matière première.

La production des gros rails a atteint, en 1909, 29 083 000 pouds, dont 25 178 000 provenant du Midi et 3 895 000 de l'Oural.

Quant aux rails légers, pour tramways et chemins de fer à voie étroite, ainsi qu'aux éclisses et platines de rails, leur fabrication a donné 6 093 000 pouds, ce qui constitue un progrès; les fers à façon au contraire sont stationnaires depuis 1904; leur fabrication a été de 53 016 000 pouds en 1909.

La tôle pour toitures a été l'une des spécialités de l'Oural. Mais la demande croissante de ce produit dans toute la Russie a suscité une concurrence dans le Midi. Malgré l'infériorité de la tôle fabriquée au coke, celle-ci trouve un écoulement facile sur le marché, grâce à son prix modique. La production de la tôle dans le Midi atteint actuellement 4 805 000 pouds, celle de l'Oural 14 456 000 pouds et celle de tout l'empire 21 245 000 pouds.

La production des grosses tôles de fer et d'acier a été, en 1909, de 10 059 000 pouds, celle des tôles minces de 2 733 000 pouds. Cette branche de l'industrie métallurgique est à peu près stationnaire depuis 1904.

La production du fer laminé se chiffre en 1909 par 15 254 000, contre 13 063 000 en 1904; le progrès est donc notable, surtout dans le Midi.

Les objets en fonte et acier fondu, ainsi que les tuyaux en fer soudé, ont atteint 16 701 000 pouds.

La plus grande partie de la fonte brute et des demi-produits en fer et acier, sont fabriqués par les usines du Midi qui suffisent non seulement à leur propre consommation, mais fournissent encore de la fonte aux autres régions de la Russie. Les régions de Moscou et du Volga font venir leur fonte en partie de

1 t poud = 16 kg. 38.

l'Oural et en partie du Midi. La production totale de la fonte a été, en 1909, de 175 295 000 pouds, celle des demi-produits de 16 762 000 pouds.

Le nombre des hauts fourneaux a été en 1909 de 279, dont 120 seulement ont été en activité. Ils se répartissent comme suit sur les différentes régions :

	HAUTS FOURNEAUX en activité		PRODUCTION de fonte en 1909
			pouds
Ural	58	35	122 878 000
Oural	137	60	34 915 000
Moscou	47	15	4 226 000
Nord et Baltique	11	2	110 000
Pologne	26	8	13 166 000
Totaux	279	120	175 259 000

Le tableau ci-après permet de voir les progrès de l'exportation russe depuis 1904 (en milliers de pouds) :

	1904	1906	1908	1909
Fonte	50	1 274	649	57
Rails, etc.	27	530	5 131	8 823
Objets en fonte	79	69	69	24
Objets en acier et tôle	282	210	107	89
Machines et parties de machines	102	210	107	89
Locomotives	"	"	"	19
Vaitures pour chemins de fer	"	"	441	100

L'Allemagne occupe la première place comme pays de destination avec 1 150 000 pouds en 1909.

CONCOURS

Concours des œuvres sociales.

Le ministre du Travail et de la Prévoyance sociale œuvre, notamment entre les Comités de patronage des habitations à bon marché et de la prévoyance sociale, les caisses d'épargne et les sociétés d'habitations à bon marché approuvées dans les termes de la loi du 12 avril 1906, une série de concours en vue de discerner les meilleures œuvres sociales déjà réalisées, et de provoquer des initiatives nouvelles en matière de prévoyance et d'habitations à bon marché.

Les jurys de ces divers concours ne statuent qu'en 1912.

EXPOSITIONS, CONGRÈS

COMMISSIONS, ASSOCIATIONS

L'Exposition universelle de Paris en 1920.

L'annonce des premières démarches tendant à l'organisation d'une Exposition universelle à Paris, vers 1920, n'a pas été bien accueillie de la presse et du public, des Parisiens en particulier, qui gardent assez mauvais souvenir de 1889. Nous nous sommes proposé d'étudier la question de l'emplacement de la future Exposition au point de vue des embarras de Paris. La Ville de Paris accepterait difficilement une Exposition intra-muros; les exigences de circulation s'y opposent. Les exposants, aussi bien qu'un organisateur commercial, réclameraient la réédition d'une « annexe » du centre de celle de Vincennes en 1900.

Il faut donc que l'Exposition soit d'un seul tenant et extra-muros.

De plus, en prenant en considération les diverses nécessités de circulation, d'accès, de service et de pittoresque, en vue du succès de l'Exposition projetée, on arrive très vite à la conclusion qu'il faut lier la prochaine Exposition à la désaffectation des fortifications. L'une ne peut se faire sans l'autre.

Le territoire de l'Exposition absorberait, entre la porte Champerret et la porte de Saint-Cloud, la zone militaire et les fortifications, ainsi que l'espace obtenu en recouvrant le chemin de fer de ceinture partout où il leur est contigu.

La longue avenue ainsi formée se dilaterait, de la Porte-Maillot à la gare d'Auteuil, par emprunts sur le bois de Boulogne et le Ranelagh. Le champ de course d'Auteuil, le lac Supérieur, Bagatelle et son champ d'entraînement, ainsi qu'une partie de l'île de Puteaux seraient réservés à l'Exposition.

On aperçoit aussitôt les groupements suivants :

Île de Puteaux : Station centrale de l'Exposition, force et lumière.

Champ d'entraînement de Bagatelle : Aviation, automobile, sports, avec démonstrations pratiques, piste de lancement d'aéroplanes, etc.

Bagatelle : Arts, peinture, sculpture, orfèvrerie fine.

De Bagatelle aux lacs : Restaurants et divers.

Lac Supérieur : Yachting, chasse et pêche.

De la porte d'Auteuil à la porte Dauphine : Sur l'emplacement des fortifications, expositions principales.

Ranelagh : Attractions et restaurants.

La Muette : Horticulture et fleurs.

Aux ailes : Industries accessoires et divers. Cette disposition assurerait de multiples avantages à l'Exposition.

Elle serait merveilleusement desservie par les chemins de fer de ceinture, de Suresnes-Saint-Lazare, d'Auteuil-Saint-Lazare, de Suresnes aux Invalides, par les bateaux-mouches, par six lignes du Métropolitain, avec six terminus régulièrement répartis sur son périmètre, et par les tramways du réseau départemental nord et du réseau municipal.

La forme allongée du terrain permettrait un sectionnement des installations très favorable à la sécurité contre l'incendie. D'ailleurs, la proximité des conduites d'eau de la Ville de Paris, sur tout le pourtour, assurerait un service de secours merveilleusement outillé.

La grande entrée de l'Exposition serait construite porte Dauphine.

Le palais des Sports trouverait sa place Porte-Maillot, et un palais monumental serait installé sur les rives du lac Supérieur, dominant la pelouse remaniée de la Muette et se joignant, par une avenue, au château de la Muette devenu propriété de la Ville de Paris. Quelques pavillons seulement seraient dispersés dans la partie réellement boisée du Bois de Boulogne, qu'il faut sauvegarder à tout prix.

L'Exposition serait ainsi bien plus une promenade qu'une foire, et l'on serait assuré de son succès.

Une fois l'Exposition finie, la Ville de Paris et les Parisiens retrouveraient des avenues vastes et une promenade sans pareille, doublant presque la superficie actuelle du Bois de Boulogne.

La désaffectation des fortifications se trouverait ainsi amorcée de façon irrésistible, pour le plus grand bien de Paris, et de telle sorte que la Ville échapperait de façon certaine au faubourg circulaire que certains veulent lui infliger.

EUG. BARTHÉLEMY,
Ancien Elève de l'Ecole Polytechnique.

La Commission électrotechnique internationale.

Les nomenclatures, les terminologies, les symboles et les unités relatifs à certains fondements scientifiques de l'industrie, à la technique électrique en particulier, diffèrent d'un pays à l'autre. Par exemple : un moteur de 10 kilowatts fabriqué en France n'a pas

forcément la même puissance qu'un moteur de 10 kilowatts fabriqué dans une autre contrée, parce que les bases d'essais ne sont pas partout les mêmes. Ce défaut d'homogénéité dans les conventions technologiques rend, en de telles matières, les relations difficiles et multiplient les causes d'erreur. Aussi, la *Commission électrotechnique internationale* s'est-elle formée à Londres, le 27 juin 1906, dans une réunion à laquelle la *Société internationale des Electriciens* fut représentée par MM. P. Boucherot, Paul Janet et Ch. David, pour donner suite au vœu, émis au Congrès Electrique international de Saint-Louis, en 1904, qu'une Commission représentative se constitue pour « examiner la question de l'unification de la nomenclature et des classifications des appareils et machines électriques ».

La Commission se compose d'un Bureau central, établi à Londres, 28, Victoria St. (Westminster) et de Comités locaux formés, dans chaque pays, par les Sociétés techniques nationales ayant au moins trois ans d'existence ou, en l'absence de Sociétés techniques, par le Gouvernement intéressé. Chaque pays ne peut constituer qu'un Comité et n'a droit qu'à une voix. Une majorité d'au moins quatre cinquièmes des votes exprimés est nécessaire pour valider les décisions d'ordre international. Aujourd'hui, la Commission électrotechnique compte 16 Comités : Allemagne, Autriche, Belgique, Brésil, Canada, Danemark, France, Grande-Bretagne, Hongrie, Italie, Japon, Mexique, Suède, etc. Le Gouvernement de l'Inde, ne désirant pas jusqu'ici constituer un Comité, accorde une subvention annuelle à la Commission : des Comités sont en voie de formation en Argentine, en Australie, au Chili, au Pérou, en Afrique du Sud, en Hollande et en Suisse. La première Assemblée plénière de la Commission se tiendra à Turin, en automne 1911.

Bien que la Commission ait dû se consacrer longuement aux travaux d'organisation, très complexes par suite de l'éloignement des correspondants et de la diversité de leurs nationalités, elle n'a pas perdu de vue son but pratique. Les principales questions qui furent l'objet d'études de la part des Comités, sont les suivantes : unification de la nomenclature, des symboles et signes conventionnels, réglementation internationale pour la réception et les essais des machines électriques, spécification de ces machines, fixation d'une unité d'intensité lumineuse, emploi du système métrique, sens de rotation des vecteurs.

En outre d'une réunion du Conseil en octobre 1908, une conférence officieuse de la Commission fut tenue à Bruxelles, en 1910. Un certain nombre de vœux furent émis sur les sujets précités. A l'heure actuelle, ces vœux sont soumis aux divers Comités électrotechniques pour préparer les discussions qui doivent avoir lieu à Turin. Déjà adoptées par l'unanimité des Délégués présents à Bruxelles, ces résolutions seront, selon toute probabilité, ratifiées sans difficulté par l'Assemblée plénière de la Commission.

E. F.

Association française pour la destruction du varron des cuirs.

Une association française va se constituer pour la destruction du varron, parasite qui, comme l'on sait, occasionne une dépréciation notable de la valeur des cuirs (une moins-value de 10 francs par cuir varroné sur le prix du cuir sain). Elle a pour but de rechercher les moyens de détruire les larves de ce parasite des bestiaux qui déprécie non seulement la valeur des cuirs, mais encore diminue la production de viande et de lait. Cette question intéresse donc au premier chef la tannerie et l'agriculture française et, à ce titre, *La Technique Moderne* ne manquera pas de faire connaître les travaux de cette utile association.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES DES OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS

Chimie minérale (Traité de), par W. NERNST, traduit sur la 6^e édition allemande par A. CORVISY. — 1 vol. gr. in-8° de 510 pages, 12 fr. (Hermann et fils, éditeurs, Paris, 1911.)

Un des ouvrages les plus remarquables sur la chimie générale était certainement celui de Nernst, dont malheureusement il n'existait pas de traduction française. Il faut savoir gré aux éditeurs, d'avoir comblé cette lacune en traduisant le traité de l'éminent professeur de l'Université de Berlin et de donner ainsi aux étudiants et chimistes français un excellent livre d'enseignement dont la réputation est mondiale. La première partie comprend : l'exposé des propriétés générales des corps, c'est-à-dire l'étude de différents états, la théorie atomique, la détermination des poids moléculaires, l'architecture moléculaire, la dissociation, la théorie ionienne et de la radioactivité, etc. — P. G.

Electrotechnique appliquée : machines électriques (Théorie, essais et construction). Cours professé à l'Institut électrotechnique de Nancy, par M. A. MAUDUIT, ancien élève de l'Ecole polytechnique. Préface de M. A. BLONDEL, ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur à l'Ecole nationale des ponts et chaussées. — 1 vol. in-8° de 930 pages, avec 566 figures, broché, 25 fr.; cartonné, 27 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris, 1910.)

M. Mauduit expose les essais, la théorie, le calcul et la construction des machines électriques.

Dans le chapitre premier, l'auteur étudie les divers essais relatifs au courant continu.

Dans le chapitre II, il expose les trois points principaux de la théorie de la dynamo à courant continu : *enroulements, réaction d'induit et commutation*.

Le chapitre III est relatif à la construction des dynamos à courant continu. Le chapitre IV contient l'exposé des propriétés des courants alternatifs, l'étude des appareils de mesure et la mesure de puissance dans les divers systèmes polyphasés.

Au chapitre V sont traités la théorie, les essais et la construction des alternateurs.

Le chapitre VI est relatif aux transformateurs statiques, monophasés et triphasés.

Le chapitre VII se rapporte aux moteurs d'induction.

Le chapitre VIII comprend l'étude du fonctionnement des machines synchrones.

Dans le chapitre IX, M. Mauduit donne la théorie graduée des trois types fondamentaux de moteurs monophasés à collecteur (série, répulsion et mixte).

Le chapitre X est consacré à l'étude des procédés utilisés pour faire varier la vitesse des moteurs d'induction.

Le chapitre XI traite du compoundage des machines génératrices.

Enfin, le dernier chapitre est une revue des phénomènes relatifs aux courants industriels non sinusoïdaux.

Le cours d'électricité industrielle du savant professeur de l'Université de Nancy sera utilement consulté par tous les électriciens. — E. P.

Géométrie descriptive, par Raoul BRICARD, professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers. — 1 vol. in-18 Jésus, cartonné toile, de 275 pages, avec 107 figures dans le texte, 5 fr. (O. Doin et fils, éditeurs, Paris, 1911.)

Cet ouvrage renferme un exposé assez complet des méthodes de la Géométrie descriptive.

Les chapitres I à VIII traitent des principes fondamentaux, de la droite et du plan, des polyèdres, des cônes et des cylindres, de la sphère, des surfaces de révolution, des surfaces du second ordre.

Les chapitres IX à XII sont relatifs aux surfaces réglées, aux problèmes qui font intervenir la courbure des surfaces, au tracé des ombres.

Les chapitres XIII à XV concernent les projections cotées et les surfaces topographiques, les projections (ou perspectives) axonométriques, et enfin les applications pratiques de la géométrie descriptive. — P. B.

Machines-outils (Expériences sur le travail des) : Alésage, par C. GODRON, professeur à l'Institut industriel du Nord. — In-4° de 120 pages, avec 150 figures, 6 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris, 1910.)

L'auteur envisage les opérations de l'alésage proprement dit des trous de petit diamètre.

Il traite ensuite de l'alésage des grands diamètres avec les outils de coupe ordinaires; les multiples essais comparatifs indiquent les efforts qui sollicitent les outils et les énergies dépensées par le travail de coupe, tout en faisant ressortir les rapports des éléments utiles pour le calcul des machines à aléser.

De nombreux diagrammes permettent de comparer aisément les divers résultats obtenus. — L. L.

Métaux (Nouveaux mécanismes et nouvelles méthodes pour l'essai des), par Pierre BREUIL, chef honoraire de la section des métaux au Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers. — In-4° de 316 pages, avec 253 figures, 12 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris, 1910.)

M. Breuil a réuni en un volume les études qu'il a entreprises sur les nouveaux mécanismes et méthodes pour l'essai des métaux. L'auteur a fait l'examen critique et approfondi des innovations récentes du domaine de l'expérimentation des métaux. Son travail, dans lequel il a inséré un grand nombre de résultats personnels, est la mise au point de questions qui sont appréciées chaque jour davantage par les ingénieurs. Ce travail si documenté et si autorisé s'adresse aux ingénieurs et aux industriels qui ont besoin de connaître les méthodes et mécanismes d'essais des métaux de plus en plus répandus dans l'industrie. — L. L.

Moteur à gaz (Dernière évolution du) (Complément de la 4^e édition du Traité des moteurs à gaz et à pétrole), par Aimé WITZ, professeur à la Faculté libre des sciences de Lille, membre correspondant de l'Institut. — 1 vol. gr. in-8° de 469 pages, avec 168 figures, 17 fr. 50. (L. Geisler, éditeur, Paris, 1910.)

Le professeur Witz vient de mettre à jour son excellent traité sur les moteurs à gaz et à combustibles liquides, et ce supplément complètera utilement l'ouvrage pour ainsi dire classique, de l'éminent ingénieur. Voici les principales questions qui ont été exposées dans ce volume :

L'alimentation des moteurs par gaz d'éclairage, gaz mixtes, gaz pauvres. Gaz de four à coke. Gaz de hauts fourneaux. Les carburants et l'air carburé. Les alcools. Théorie générale des moteurs. Théorie expérimentale des moteurs. Théorie des turbomoteurs à gaz. Mesure des consommations. Mesure des puissances. Conduite des essais. Résultats d'essais. Calculs d'établissement. Organes des moteurs

et données de construction. Dispositifs de réglage. Allumage. Mises en route. Principaux moteurs à deux temps. Moteurs à quatre temps. Moteurs à combustion. Moteurs à pétrole. Moteurs ultra-légers. Machines à cycle fermé. Turbines à gaz. C. L.

L'Ozone et ses applications industrielles, par H. DE LA COUX, inspecteur de l'enseignement technique, 2^e édition. — In-8° de vi-614 pages, avec 159 fig.; broché, 16 fr. 50; cartonné, 18 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris, 1910.)

La deuxième édition de l'excellent ouvrage de M. de La Coux met au point la question de l'ozone et passe en revue ses multiples applications dans la thérapeutique, l'hygiène, et de nombreuses industries.

L'auteur étudie longuement les moyens divers de production de l'ozone et envisage ensuite son action chimique et son utilisation dans l'industrie des produits chimiques.

La stérilisation de l'eau par l'ozone est longuement étudiée, car c'est encore actuellement une des applications les plus intéressantes, ainsi que celle de la stérilisation de l'air et de la conservation des matières animales.

L'auteur expose ensuite le rôle de l'ozone dans l'amélioration et le vieillissement des eaux-de-vie, des spiritueux et des vins, dans la fabrication du vinaigre, en cidrerie, en brasserie, en distillerie et sucrerie; dans les usines de blanchiment des textiles et de matières diverses, dans l'amidonnerie, la féculerie, la dextrinerie, le traitement des huiles et graisses, la savonnerie, la fabrication des huiles siccatives, des vernis, des laques et dégras, des matières colorantes et des parfums artificiels, dans le vieillissement et le durcissement des bois, etc.

Par le simple exposé des sujets traités, on peut se faire une idée du rôle de l'ozone dans l'industrie. On saura gré à M. de La Coux d'avoir rassemblé en un volume de 600 pages tous les documents relatifs à l'ozone et à ses applications. — N. V.

Travail aux Etats-Unis (Les conditions du), étudiées spécialement dans la tannerie au chrome pour chaussures (mission du ministère du Travail), par CH. BARRAT, enquêteur permanent au ministère du Travail, chef de la mission. — 1 vol. in-8° de 317 pages, 6 planches. (Cornély et C^{ie}, éditeurs, Paris, 1910.)

M. Barrat, notre distingué collaborateur, présente dans cet ouvrage les résultats de sa mission aux Etats-Unis, où il a pu étudier minutieusement les conditions du travail, les relations entre employeurs et employés, et les solutions qui ont été apportées aux crises ayant surgi entre patrons et ouvriers. De nombreuses questions d'un intérêt général pour l'industrie y sont traitées en détail avec documents statistiques à l'appui : recrutement du personnel ouvrier, apprentissage, division du travail, rémunération, organisations syndicales, coût de la vie ouvrière, etc.

Dans ce volume, rédigé par un des hommes qui se sont le plus consacrés à l'étude des questions ouvrières, l'industriel comme le sociologue y puisera des enseignements pratiques et utiles à l'établissement de bonnes relations entre employeurs et employés. — G. B.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imp., 1, rue Cassette.

La Technique Moderne

HYDRAULIQUE

CRUES ET INONDATIONS

Nous nous proposons de développer, dans cette étude, quelques applications des formules d'hydraulique à diverses questions relatives aux récentes crues de la Seine.

Nous rappellerons d'abord les principales formules de l'écoulement de l'eau dans les rivières à l'état de régime uniforme.

PROBLÈME I. — Connaissant la forme de la section transversale d'un cours d'eau et sa pente, calculer la profondeur d'eau qui correspond à un débit donné.

La solution se déduit des formules connues :

$$U = C\sqrt{RI}, \quad Q = \omega U, \quad R = \frac{\omega}{X};$$

dans lesquelles U représente la vitesse moyenne de l'eau, R le rayon moyen de la section, I la pente longitudinale par mètre, Q le débit en mètres cubes par seconde, ω la section d'écoulement en mètres carrés, X le périmètre mouillé, C le coefficient de résistance que l'on peut prendre égal à 50 pour les cours d'eau larges et profonds.

Lorsque la section ω est sensiblement rectangulaire, de largeur l et de profondeur h (fig. 1), on peut écrire :

$$\omega = lh, \quad X = l + 2h, \quad R = \frac{lh}{l + 2h};$$

et si la largeur est relativement grande par rapport à la profondeur, ce qui est le cas de la Seine à Paris, on a approximativement $R = h$. Les formules deviennent alors :

$$U = 50\sqrt{hI}, \quad Q = lhU;$$

et la seconde peut s'écrire d'après la première :

$$Q = 50lh\sqrt{hI}.$$

On en déduit immédiatement :

$$(2) \quad h^3 = \frac{Q^2}{2500I^2l};$$

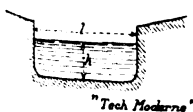


FIG. 1.

cette relation permet de calculer h connaissant Q , l et I ; elle permet également de calculer Q en fonction de h et de l , ou l en fonction de h et de Q . Pour la Seine à Paris, la pente I est de 0^m,10 par kilomètre.

APPLICATIONS. — En temps ordinaire, lorsque la Seine débite 600 m³ par seconde, que le barrage de Suresnes est baissé, sa

largeur entre les ponts de Conflans et National est d'environ 170 mètres. Dans ce cas :

$$h^3 = \frac{500^2}{2500 \times 170^2 \times 0,0001},$$

d'où l'on tire :

$$h = 3^m,25;$$

c'est la valeur du tirant d'eau.

Dans les mêmes conditions, à l'échelle du pont de la Tournelle, on a sensiblement $l = 160$ mètres pour les deux bras; par conséquent :

$$h^3 = \frac{500^2}{2500 \times 160^2 \times 0,0001},$$

d'où :

$$h = 3^m,40.$$

Comme l'échelle accuse alors une hauteur d'eau de 2 mètres, on en conclut que son zéro est nivelé à 1^m,40 au-dessus du fond du lit du fleuve.

DÉBIT DE LA SEINE. — D'après les jaugeages de Poirée et de Belgrand, le débit de la Seine est lié aux cotes H relevées à l'échelle du pont de la Tournelle (fig. 2) par la relation :

$$Q = 110 + 180H + 9H^2.$$

Or, le 3 janvier 1910, l'échelle accusait une hauteur $H = 2$ m.; le débit du fleuve était alors :

$$Q = 110 + 360 + 36 = 506 \text{ m}^3.$$

Le 28 janvier suivant, jour du maximum de la crue, le niveau de l'eau s'est élevé à la cote $H = 8,50$, ce qui correspond à un débit :

$$Q = 110 + 180 \times 8,50 + 9 \times 72,25 = 2290 \text{ m}^3.$$

Dans les calculs ci-après nous tablons sur ce chiffre de 2290 m³, bien que d'après d'autres évaluations nous pensions que le débit effectif devait être voisin de 2700 m³.

LARGEUR DE LA SEINE. — En temps ordinaire, la largeur du fleuve au pont de Conflans et à l'aval du pont d'Auteuil est de 170 mètres; dans la traversée de Paris, de 140 mètres en moyenne. Pendant les fortes crues, la largeur atteint 220 mètres au pont de Conflans et 180 mètres dans Paris. Le rétrécissement est surtout

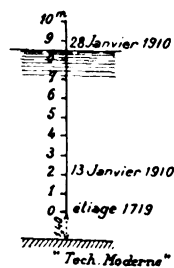


FIG. 2.
Echelle du pont de la Tournelle.

considérable à l'aval du pont de la Tournelle jusqu'au Pont-Neuf, et à la traversée du Pont-Royal.

DÉSIGNATION des Sections	LARGEUR		MOYENNES partielles	DISTANCE des Sections	OBSERVATIONS
	Eaux moyennes	Grandes crues			
Pont de Conflans . . .	170	220	200		Pente du fleuve, 0 ^m .10 par kilomètre.
— National . . .	165	215		700	
— de Tolbiac . . .	160	210		730	
— de Bercy . . .	135	185		1 010	
— d'Austerlitz . . .	140	190		1 000	
— de la Tournelle . . .	160	210	145	605	Zéro de l'échelle à l'altitude 26 ^m .28. (Basses eaux de 1719.)
— d'Arcole . . .	115	140		170	
— Notre-Dame . . .	125	145		150	
— au Change . . .	135	150		375	
— Neuf . . .	175	210		330	
— des Arts . . .	135	150		340	
— du Carrousel . . .	105	165		270	
— Royal . . .	130	135		435	
— Solférino . . .	85	140		425	
— de la Concorde . . .	150	155		450	
— Alexandre . . .	110	160	157	240	Zéro de l'échelle à l'altitude 24 ^m .51. (Basses eaux de 1740.)
— des Invalides . . .	110	160		650	
— de l'Alma . . .	125	150		865	
— d'Iéna . . .	120	165		560	
— de Passy . . .	175	225		810	
— de Grenelle . . .	160	210	200	530	
— Mirabeau . . .	130	180		980	
— d'Auteuil . . .	125	175		"	
Bas-Meudon . . .	170	220			
Moyennes . . .	140	180	Total	11 725	

Le 28 janvier 1910, lorsque le débit du fleuve s'est élevé à 2.290 m³, le tirant d'eau moyen en aval du pont d'Auteuil était d'après la formule (2) :

$$h^3 = \frac{2\,290^3}{2\,500 \times 220^3 \times 0,0001},$$

soit :

$$h = 7^m,55.$$

Dans les mêmes conditions, la profondeur d'eau atteignait au pont Mirabeau :

$$h^3 = \frac{2\,290^3}{2\,500 \times 200^3 \times 0,0001},$$

d'où :

$$h = 8^m,00.$$

De sorte que, dans la partie comprise entre le pont d'Auteuil et celui de Passy, le niveau de l'eau se trouvait surélevé de 0^m.45 par rapport au niveau d'aval. Autrement dit, le remous occasionné par le rétrécissement du lit atteignait 0^m.45.

PROBLÈME II. — Connaissant la largeur d'un cours d'eau, son débit et sa pente, calculer le remous occasionné par un rétrécissement du lit sur une grande longueur.

La solution a été donnée pour la première fois par Dupuit dans ses études sur le mouvement des eaux courantes. Elle se déduit d'ailleurs aisément des formules (1).

Soient l et h les dimensions du cours d'eau en amont; l_1 et h_1 les dimensions d'aval. On a les relations :

$$Q = 50 lh \sqrt{hI} = 50 l_1 h_1 \sqrt{h_1 I},$$

que l'on peut écrire, puisque Q et I sont constants :

$$l^3 h^3 = l_1^3 h_1^3.$$

On déduit de là :

$$h_1 = h \sqrt[3]{\frac{l^3}{l_1^3}},$$

puis pour la hauteur du remous, $z = h_1 - h$:

$$(3) \quad z = h \left(\sqrt[3]{\frac{l^3}{l_1^3}} - 1 \right).$$

Cette relation montre que le remous produit par un long étranglement est proportionnel à la profondeur du cours d'eau dans la partie non rétrécie.

APPLICATIONS. — Pour appliquer la formule (3) entre le Bas-Meudon et le pont de Passy, il suffit de poser :

$$l = 220 \text{ m.}, \quad l_1 = 200 \text{ m.}, \quad h = 7^m,55.$$

Le calcul donne :

$$z = 7,55 \left[\sqrt[3]{\frac{220^3}{200^3}} - 1 \right],$$

c'est-à-dire :

$$z = 7,55 \times 0,064 = 0^m,45,$$

ce qui vérifie le résultat trouvé plus haut.

De même pour calculer la surélévation du plan d'eau entre les ponts de Passy et des Arts, on doit faire :

$$l = 200 \text{ m.}, \quad l_1 = 157 \text{ m.}, \quad h = 8^m,00.$$

On obtient avec ces données :

$$z = 8,00 \times 0,19 = 1^m,50.$$

Ainsi, le jour où la crue de la Seine atteignait son maximum, le niveau de l'eau au pont des Arts se trouvait relevé de 0,45 + 1,50 = 1^m.95, par suite du rétrécissement graduel du lit depuis le Bas-Meudon.

Dans la partie comprise entre le Pont-Neuf et le pont de l'Archevêché, le tirant d'eau moyen était de 9^m.84, accusant encore un relèvement de 0^m.34. L'élargissement projeté aurait pour effet de porter la largeur moyenne du fleuve à 156 mètres, de sorte que ce remous se trouverait à peu près supprimé.

Au pont de l'Archevêché, le remous total par rapport au niveau du Bas-Meudon s'élevait à 0,45 + 1,50 + 0,34 = 2^m.29. La région d'amont se trouvait influencée par cet énorme remous sur une distance de plus de 25 km. Le volume d'eau retenu s'élevait à près de 5 millions de mètres cubes.

Tous ces calculs sont évidemment approximatifs, car pour simplifier le problème nous avons dû recourir à diverses hypothèses plus ou moins justifiées. Le lit de la Seine n'est pas exactement rectangulaire; de plus, nous avons supposé le régime permanent

et uniforme, ce qui n'a pas lieu en réalité, puisque le régime d'un fleuve est toujours varié, surtout en temps de crue. La division en quatre sections de largeurs différentes est également arbitraire. Enfin, nous n'avons pas tenu compte du remous qui se produit à la traversée de chaque pont et qui se répercute jusqu'au pont précédent. Mais tous ces éléments n'ont pas l'influence que l'on serait tenté de leur attribuer tout d'abord, et les chiffres obtenus par de simples calculs pratiques sont encore assez approchés. Si l'on voulait solutionner le problème dans toute sa rigueur en partant de l'équation du régime varié, on se heurterait à d'insurmontables difficultés de calcul.

PROBLÈME III. — Connaissant la section d'un cours d'eau et son débit, calculer le remous occasionné par un accroissement de ce débit.

Soient l la largeur constante du fleuve, h et h_1 les profondeurs correspondant aux débits Q et Q_1 . On a d'après (1) les relations :

$$Q = 50 l h \sqrt{h} = m h \sqrt{h},$$

$$Q_1 = 50 l h_1 \sqrt{h_1} = m h_1 \sqrt{h_1}$$

en posant :

$$m = 50 l \sqrt{l}.$$

Elevant au carré, on obtient :

$$Q^2 = m^2 h^3, \quad Q_1^2 = m^2 h_1^3,$$

d'où l'on déduit :

$$\frac{Q_1^2}{Q^2} = \frac{h_1^3}{h^3},$$

puis :

$$h_1 = h \sqrt[3]{\frac{Q_1^2}{Q^2}}.$$

Le remous est donné par la différence $z = h_1 - h$, c'est-à-dire :

$$z = h \left[\sqrt[3]{\frac{Q_1^2}{Q^2}} - 1 \right].$$

Si l'on considère les remous z et z_1 en deux points où les hauteurs primitives étaient h et h_1 , on a :

$$\frac{z}{z_1} = \frac{h}{h_1}.$$

Le remous négatif dû à une réduction du débit se calcule par la formule analogue à (4). Dans ce cas, $z = h - h_1$, d'où :

$$z = h \left[1 - \sqrt[3]{\frac{Q_1^2}{Q^2}} \right].$$

APPLICATIONS. — Pour une réduction de moitié, $Q_1 = 0,50 Q$, on obtient $z = 0,62 h$. Pour une réduction d'un tiers, $Q_1 = 0,667 Q$, on obtient $z = 0,234 h$.

Le 28 janvier 1910, alors que le débit de la Seine atteignait 2 240 m³ par seconde, avec une profondeur de 9^m,84 au pont Notre-Dame, l'apport de la Marne à Charenton s'élevait à 750 m³, soit un tiers du débit de la Seine. Si donc la Marne avait pu être dérivée vers l'aval par un canal spécial, le niveau de la Seine dans Paris eût baissé d'une hauteur :

$$z = 0,234 \times 9,84 = 2^m,30.$$

Une dérivation qui n'aurait pris que le cinquième du débit de la Seine, soit 460 m³ par seconde, aurait occasionné un abaissement de 1^m,30 environ.

REMOUS À LA TRAVERSÉE DES PONTS. — La présence d'un pont ayant pour effet de réduire dans une certaine proportion le

débouché du fleuve, il en résulte, vers l'amont, une surélévation plus ou moins importante du niveau de l'eau, qui s'étend jusqu'au pont précédent.

Le profil de la ligne d'eau ABCD présente ordinairement la disposition de la figure 3; la courbe du remous BA se raccorde asymptotiquement vers l'amont avec la droite du régime uniforme. La surélévation $z = BH$ se calcule par la formule de Bresse :

$$z = \alpha \frac{U_1^2 - U^2}{2g};$$

U_1 représente la vitesse sous le pont dans la section rétrécie

d'aire ω_1 ; U est la vitesse en amont dans la section ω . On fait $\alpha = 1,1$.

Comme on a la relation :

$$\omega U = m \omega_1 U_1,$$

m étant un coefficient de contraction, il en résulte :

$$U_1 = \frac{1}{m} \frac{\omega}{\omega_1} U,$$

et l'expression de z peut s'écrire :

$$(5) \quad z = \alpha \frac{U^2}{2g} \left(\frac{1}{m^2} \frac{\omega^2}{\omega_1^2} - 1 \right).$$

D'après Eytelwein, on doit faire $m = 0,80$, d'où $\frac{1}{m^2} = 1,56$.

Le pont Royal est celui qui présente le plus faible débouché. Le jour de la grande crue, on avait sensiblement $\omega = 1,90 \omega_1$, ou bien $\omega^2 = 3,61 \omega_1^2$, avec une vitesse moyenne $U = 1,50$. D'après cela, la formule (5) accuse un remous :

$$z = 1,1 \times 0,12 (1,56 \times 3,61 - 1),$$

soit :

$$z = 0^m,60.$$

Sous les autres ponts, sauf celui de la Concorde, le remous était beaucoup moindre.

Nous donnons d'après Belgrand le débouché des différents ponts pour un débit de 1 800 m³, grandes crues ordinaires, correspondant à une hauteur de 7 mètres à l'échelle du pont de la Tournelle.

Pont National	$\omega_1 =$	1 328 m ² .
— de Bercy		1 095
— d'Austerlitz		1 128
— de la Tournelle et Marie		1 213
— Louis-Philippe, Saint-Louis, de l'Arche- vêché		1 420
— Notre-Dame et Petit-Pont		936
— au Change et Saint-Michel		1 044
— Neuf, les deux bras		1 131
— des Arts		1 018
— du Carrousel		1 113
— Royal		824
— Solférino		940
— de la Concorde		895
— des Invalides		975
— de l'Alma		937
— d'Éna		1 051
— de Grenelle		1 199

Lorsque le barrage de Suresnes est abattu, la présence du seuil et des autres parties fixes produit encore un étranglement du lit qui occasionne vers l'amont un certain remous.

Il existe trois passes, l'une navigable, l'autre surélevée, et la

passé-déversoir, présentant ensemble un développement de près de 200 mètres.

Lors des fortes crues, la réduction du débouché est d'environ un cinquième. On peut calculer approximativement le remous d'après la formule (5) en faisant $m = 0,90$, $\omega = 1,25 \omega_1$, on obtient :

$$z = 1,10 \times 0,12 (1,24 \times 1,56 - 1),$$

d'où :

$$z = 0,123.$$

Ce remous se répercute vers l'amont sur une distance :

$$\delta = \frac{2z}{1} = \frac{0,246}{0,0001}.$$

soit :

$$\delta = 2\,460 \text{ mètres.}$$

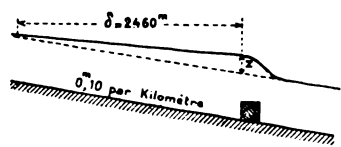


FIG. 4.

On voit qu'il ne s'étend guère au delà du pont de Saint-Cloud (fig. 4) et que le niveau de la Seine dans Paris n'est nullement influencé par la présence du barrage lorsque les fermettes sont baissées.

Le service de la navigation projette néanmoins de modifier ce barrage de façon à supprimer complètement le remous, comme dans les nouveaux barrages de l'Oise et à celui de Port-Mort sur la Basse-Seine.

D'après les chiffres du tableau de la colonne suivante, on voit que la dénivellation de la ligne d'eau entre les ponts d'Austerlitz et de la Tournelle atteignait le 28 janvier 1910, la valeur :

$$z = (26,24 + 8,62) - (26,28 + 8,42) = 0,16.$$

Cette valeur permettrait de calculer approximativement le débit du fleuve, en utilisant l'équation de la courbe du remous, mais on est conduit à des calculs très laborieux.

En effet, l'équation du régime varié s'écrit :

$$z = \alpha \frac{U^2 - U_0^2}{2g} + \int_0^\lambda \frac{bU^2}{R} ds;$$

U_0 et U représentent les vitesses moyennes dans les sections d'amont et d'aval, $\lambda = 1\,000$ mètres, la distance de ces sections.

Appelons Q le débit cherché, on a :

$$Q = l_0 h_0 U_0 = lhU,$$

d'où l'on déduit :

$$U_0 = \frac{Q}{l_0 h_0}, \quad U = \frac{Q}{lh}.$$

Portant dans l'équation ci-dessus, et observant que $R = h$, $b = 0,0004$, elle devient :

$$z = \frac{\alpha Q^2}{2g} \left[\frac{1}{l^2 h^2} - \frac{1}{l_0^2 h_0^2} \right] + b Q^2 \int_0^\lambda \frac{ds}{l^2 h^2}.$$

Cette équation fait connaître Q en fonction des quantités connues z , l , h , l_0 , h_0 , λ ; mais il faut d'abord intégrer le second membre. L'intégration ne présente aucune difficulté théorique,

toutefois elle conduit à des calculs longs et fastidieux, même en utilisant les tables de Bresse.

CRUES DE LA SEINE

CONSTATATIONS OFFICIELLES

Service hydrométrique

ALTITUDES des Zéros des Échelles	PARIS, pont d'Austerlitz		26 ^m 24
	— pont de la Tournelle		26 ^m 28
	— pont Royal		24 ^m 51
	BEZONS, en aval du barrage		20 ^m 74
	MANTES, pont de Mantes		12 ^m 91

NOTA. — Pour avoir les cotes du nivellement Lallemant, retrancher 0^m,615 des cotes d'altitudes indiquées ci-dessus (nivellement Bourdaloue).

Dans les eaux basses et moyennes, les échelles du pont d'Austerlitz, de la Tournelle et du pont Royal sont influencées par les barrages, et les hauteurs y sont observées.

COTES MAXIMA DES GRANDES CRUES

	Fév. 1658	Janv. 1802	Déc. 1872	Mars 1876	Janv. 1879	Déc. 1882	Janv. 1883	Janv. 1910	Nov. 1910
Paris									
Austerlitz	"	"	6 ^m 10	6 ^m 69	"	6 ^m 12	6 ^m 24	8 ^m 62	5 ^m 96
La Tournelle.	8 ^m 81	7 ^m 45	5 ^m 85	6 ^m 50	5 ^m 20	5 ^m 84	6 ^m 00	8 ^m 42	5 ^m 81
Pont Royal	"	"	6 ^m 85	7 ^m 30	6 ^m 21	6 ^m 84	7 ^m 00	9 ^m 29	6 ^m 84

COTES DE SUBMERSION

	Austerlitz	La Tournelle	Pont Royal
Bas ports de Paris correspondant à	2 ^m 64	2 ^m 50	3 ^m 62
Banquettes de halage : Caves du port de Bercy (aval)	3 ^m 76	3 ^m 56	4 ^m 73
Caves du port de Bercy (amont)	4 ^m 22	4 ^m 02	5 ^m 15
Affleurement des grands cercles en fonte des culées du pont des Saints-Pères	5 ^m 14	5 ^m 00	5 ^m 87
Crues désastreuses, à partir de	6 ^m 14	6 ^m 00	6 ^m 87

L'hypothèse d'un régime uniforme simplifie le problème, mais pour tenir compte de l'irrégularité et de l'encombrement du lit, il est bon dans l'espèce de substituer au coefficient 50, le nombre 45 représentant une moyenne entre les coefficients 46 (Bazin), 47 (Kutter), 41 (Manning), qui correspondent à $R = 10$ mètres, parois irrégulières. Dans ces conditions on a :

$$Q = 45 lh \sqrt{hI},$$

avec $h = 8,42 + 1,40 = 9,82$; $l = 0,0001$; $l = 200$ mètres. Le calcul donne :

$$Q = 2\,763 \text{ m}^3.$$

G. DARIÈS.

Ingenieur municipal de la Ville de Paris

AÉRODYNAMIQUE

LES BASES SCIENTIFIQUES DE L'AVIATION⁽¹⁾

(Suite et fin.)

V. — FILS MÉTALLIQUES ET CABLES.

L'étude de la pression exercée par le vent sur les fils métalliques et les câbles n'a été faite que pour l'incidence normale au vent². Il serait intéressant de compléter cette étude par la détermination des pressions sur les câbles inclinés.

Voici quelques déterminations du rapport

$$K_{13,760} = \frac{R}{SV^2},$$

dans lequel

$$S = l \times d,$$

l , longueur du fil; d , diamètre du fil.

NATURE DU FIL OU CÂBLE	LONGUEUR l centimètres	DIAMÈTRE d centimètres	$K_{13,760}$
------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------

Expériences faites à Göttingen : Vitesses du vent comprises entre 4,63 et 9,65 par seconde.

I. Câble métallique (6 torons).	92,9	0,32	0,0675
II. Câble métallique (6 torons).	92,6	0,75	0,07
III. Câble en chanvre à surface extérieure effilochée.	92,7	0,70	0,075
IV. Id.	91,9	1,01	0,071
V. Câble à surface lisse.	93,6	0,43	0,0562
VI. Câble en chanvre (4 torons).	91,1	1,60	0,066
VII. Câble en chanvre (4 torons) dans lequel les fibres ont été passées au feu, afin d'avoir une surface dépourvue d'effilochures.	91,1	1,60	0,0625

Expériences de M. Eiffel.

22 fils d'acier espacés à 18 mm.	50,0	0,275	0,063
----------------------------------	------	-------	-------

VI. — CARÈNES. FROTTEMENT DE L'AIR SUR UNE SURFACE.

Si on appelle R la résistance de l'air sur une carène ayant un maître-couple de surface S , le coefficient K relatif à cette carène est défini par la relation

$$K = \frac{R}{SV^2}.$$

Au moyen d'une balance que nous avons décrite dans *La Technique Moderne*, le colonel Ch. Renard avait, à Chalais-Meudon, comparé les résistances de l'air sur des carènes de même maître-couple³.

M. G. Eiffel⁽⁴⁾ a déterminé directement la valeur de K sur des cylindres, des cônes, des corps sphériques. Nous allons simplement signaler quelques-unes des valeurs obtenues.

Lorsque les bases du cylindre sont normales au vent, le coefficient K passe de la valeur 0,068 à la valeur 0,059 lorsque la longueur du cylindre passe d'une longueur égale à 1 rayon (0,075) à 14 rayons.

Si, aux extrémités d'un tel cylindre dont les génératrices sont parallèles au vent, on ajoute deux hémisphères de 0,075 de rayon (type genre Zeppelin), le coefficient K descend à la valeur 0,012. Prenons un corps sphéro-conique formé par une demi-sphère de 0,20 de diamètre et un cône d'angle au sommet

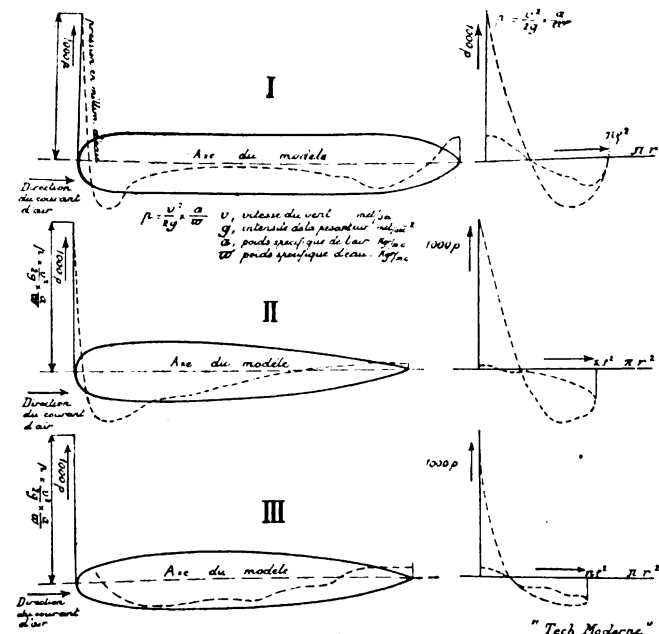


FIG. 15. — Résultats de l'étude des carènes au laboratoire de Göttingen.

égal à 20° : si le corps se présente pointe au vent, le coefficient K a pour valeur 0,0101; si, au contraire, la pointe est en arrière, la valeur de K devient moitié moindre. Ce dernier exemple justifie la forme donnée aux carènes de dirigeables, dont le maître-couple est reporté sur l'avant.

Quand une carène se déplace dans l'air, la résistance exercée en chaque point de sa surface est généralement oblique par rapport au plan tangent à la surface en ce point. Cette résistance se décompose en une force normale à la surface et une force située dans le plan tangent; la première mesure la pression exercée sur l'élément de surface, et la seconde le frottement de l'air sur cet élément. Si la carène est un solide de révolution dont l'axe est dans la direction du vent, les deux ensembles de forces élémentaires ont deux résultantes dirigées suivant cet axe; la somme de la résultante des forces provenant des pressions élémentaires ou résistance de pression, et de la résultante des forces de frottement ou résistance de frottement, est la résistance totale.

La résistance totale se mesure au moyen d'une balance dynamométrique. La résistance de pression s'obtient en mettant l'intérieur de la carène en relation avec un micromanomètre et en ouvrant séparément divers trous percés le long d'un méridien.

⁽¹⁾ Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 3, p. 129.

⁽²⁾ G. EIFFEL : *La Résistance de l'Air et l'Aviation*, p. 75.

⁽³⁾ O. FOPL : Mitteilungen aus der Göttinger Modellversuchsanstalt Widerstand von Drähten und Seilen (*Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt*, 1, 20, 29 octobre 1910).

⁽⁴⁾ L. MARCHIS : *La Flotte Aérienne*, p. 4.

⁽⁵⁾ G. EIFFEL : *La Résistance de l'Air et l'Aviation*, p. 73.

On obtient ainsi les courbes figurées à gauche sur la figure 15. Si, d'autre part, on construit une courbe, en prenant ces pressions comme ordonnées, et comme abscisses les surfaces des divers méridiens, il est facile de démontrer que l'aire comprise entre cette courbe et l'axe des abscisses est égale à la résistance de pression cherchée (fig. 15, courbes de droite) ⁽¹⁾.

Quant à la résistance de frottement, elle s'obtient par différence.

Telle est la méthode qui a conduit M. Prandtl ⁽²⁾ aux résultats suivants :

	I	II	III
Longueur	m. 1,30	1,125	1,145
Surface du maître-couple . . .	m. 0,20	0,194	0,188
Surface du maître-couple S_0 . .	m ² . 0,0314	0,0296	0,0278
Volume du modèle	m ³ . 0,0339	0,0182	0,0182
Surface du modèle Σ	m ² . 0,745	0,479	0,479

Modèle I.	{	Résistance de frottement = 0,0036 ΣV^2
	{	— = 0,00015 ΣV^2
Modèle II.	{	Résistance de frottement = 0,0019 ΣV^2
	{	— = 0,00011 ΣV^2
Modèle III.	{	Résistance de frottement = 0,0016 ΣV^2
	{	— = 0,0001 ΣV^2

Dans des expériences sur le frottement de l'air sur des plaques parallèles au plan moyen d'oscillation d'un pendule, M. A. Franck avait trouvé pour le coefficient de ΣV^2 un nombre 0,000305 beaucoup plus grand que celui qui résulte des expériences de Göttingen.

Nous venons d'étudier la résistance à l'avancement des carènes dont l'axe longitudinal est parallèle au vent. Lorsque cet axe est incliné sur la direction du vent, la résistance totale peut être décomposée en une poussée et une trainée : de plus, le point

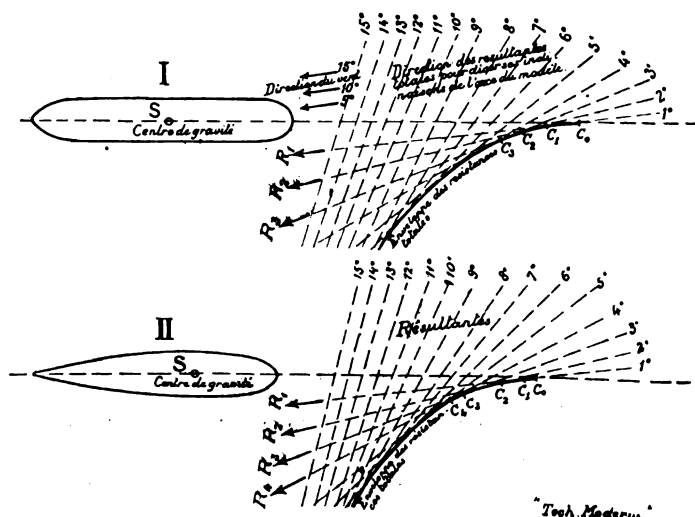


FIG. 16. — Expériences sur les carènes au laboratoire de Göttingen.

d'application de cette résistance varie avec l'inclinaison de l'axe de la carène. Les figures 16 et 17 montrent les résultats d'expériences entreprises à Göttingen pour étudier le déplacement du centre de poussée et les directions des résistances totales. On voit que ces forces ont une enveloppe et que le centre de poussée, d'abord très en avant du centre de gravité, s'en rapproche pour

(1) L. MARCHIS : Cours d'Aéronautique de la Faculté des Sciences de Paris, 2^e partie, p. 207. (Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1911).

(2) L. PRANDTL : Einige für die Flugtechnik wichtige Beziehungen aus der Mechanik (Zeitschrift für die Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, I, 7, 16 avril 1910).

G. FUHRMANN : Mitteilungen aus der Göttinger Modellversuchsanstalt. Widerstands- und Druckmessungen an Ballonmodellen (Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, I, 11, 11 juin 1910).

le dépasser, lorsque la carène est munie d'un empennage suffisant.

L'équilibre instable, dans le premier cas, devient stable dans le second.

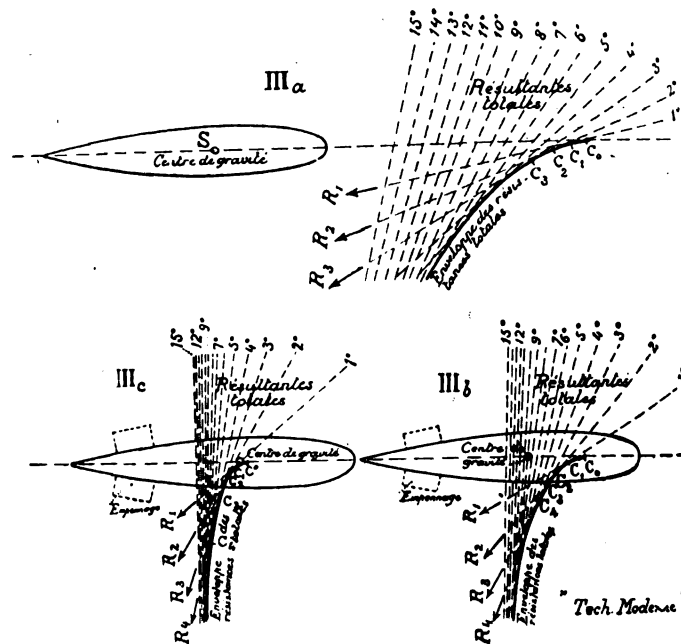


FIG. 17. — Expériences sur les carènes au laboratoire de Göttingen.

Le couple de renversement du modèle peut se mettre sous la forme

$$(11) \quad \mathcal{M} = \xi_{\mathcal{M}} \times U \times \frac{a}{g} \times V^2,$$

dans laquelle U est le volume du modèle; $\xi_{\mathcal{M}}$, un coefficient numérique; $\frac{a}{g}$, la densité de l'air; V , la vitesse du vent. Les courbes de la figure 18 représentent les valeurs du coefficient $\xi_{\mathcal{M}}$ en fonction des diverses inclinaisons de l'axe de la carène par rapport à la direction du vent; elles traversent l'axe des angles α toutes les fois que la rotation change de sens. Les équilibres sont instables au-dessus de l'axe des α et stables au-dessous.

La poussée et la trainée, mesurées au moyen de balances, peuvent être représentées par les formules :

$$(12) \quad \begin{cases} P = \xi_P \times U^{2/3} \times \frac{a}{g} \times V^2, \\ T = \xi_T \times U^{2/3} \times \frac{a}{g} \times V^2, \end{cases}$$

dans lesquelles ξ_P et ξ_T sont des nombres.

Les courbes des figures 19 et 20 représentent les valeurs des coefficients ξ_P et ξ_T pour les divers modèles étudiés en fonction des angles α de l'axe du modèle avec la trajectoire. L'influence de l'empennage se fait nettement sentir (courbes III_b et III_c) au point de vue des accroissements de la sustentation et de la résistance à l'avancement.

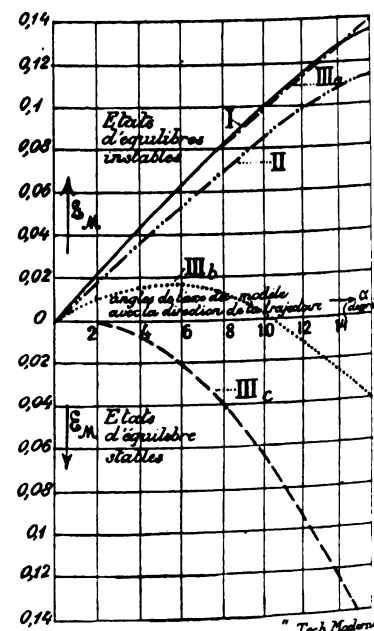


FIG. 18. — Coefficients des couples de renversement.

VII. — DISTRIBUTION DES PRESSIONS SUR LES SURFACES.

Lorsque la résistance de frottement sur une surface est négligeable, la résistance totale élémentaire est, en chaque point, normale à la surface; elle se réduit à la résistance de pression. Elle peut se mesurer, en chaque point, au moyen d'un micro-manomètre. C'est ce qu'a fait M. G. Eiffel pour les différentes surfaces qu'il a étudiées (1). Les résultats obtenus par cette

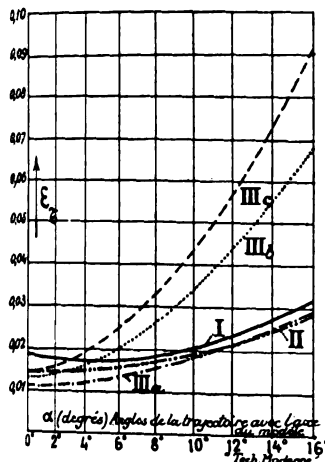


Fig. 19. — Coefficients de résistance à l'avancement.

d'attaque sont notables, la distribution des pressions et des dépressions dans la section médiane ne représente pas toujours l'allure des phénomènes sur la surface totale de la plaque.

Il n'en est plus de même pour les faibles angles d'attaque qui intéressent plus particulièrement l'aviation. La répartition des pressions est alors sensiblement uniforme sur toute la longueur de l'aile et on peut se contenter de son étude dans la section médiane. La figure 21 représente les pressions et les dépressions dans la section médiane d'une aile Wright, lorsque la vitesse du vent est égale à 10 mètres par seconde. Au voisinage du bord de sortie, la pression totale est presque nulle; elle est au contraire très grande au voi-

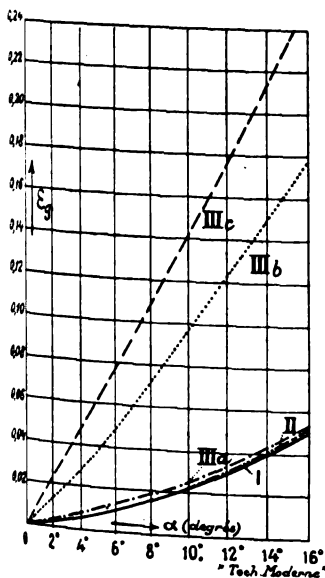


Fig. 20. — Coefficients de sustentation.

sinage du bord d'attaque, où elle peut s'élever jusqu'à 120 kg. par mètre carré pour une vitesse de déplacement égale à 30 mètres

méthode ont été décrits dans *La Technique Moderne*. Rappelons que M. G. Eiffel a montré le premier l'importance de la distribution des dépressions sur le dos de la surface; celles-ci peuvent atteindre en certains points, notamment sur les bords avant et pour des angles d'attaque convenables, des valeurs qui s'élèvent jusqu'à 12 kg. par mètre carré pour des vitesses de déplacement égales à 10 mètres par seconde, soit 108 kg. par mètre carré pour des vitesses de 30 mètres par seconde déjà atteintes par les aéroplanes. Lorsque les angles

d'attaque sont notables, la distribution des pressions et des dépressions dans la section médiane ne représente pas toujours l'allure des phénomènes sur la surface totale de la plaque.

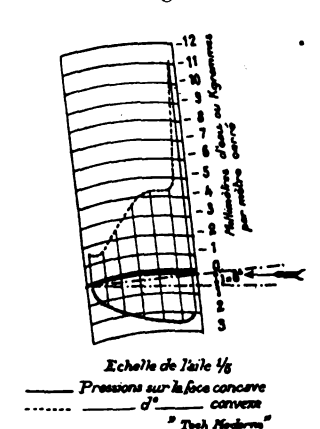


Fig. 21. — Répartition des pressions sur la ligne médiane de l'aile Wright inclinée à 6°. (Expériences de M. G. Eiffel.)

par seconde. On peut d'ailleurs réduire ces grandes pressions en les répartissant sur la surface de l'aile; il suffit de donner à celle-ci une forme convenable, comme le montrent les figures 22

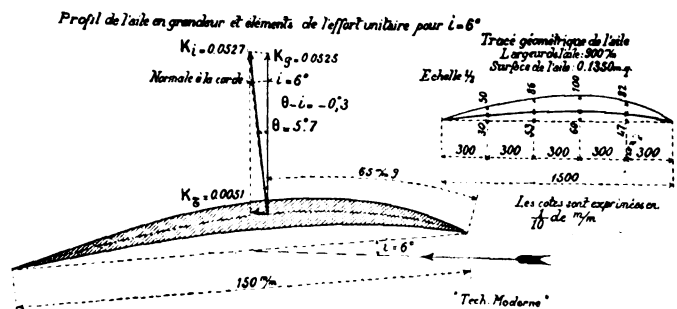


Fig. 22. — Aile en forme de croissant. (Expériences de M. G. Eiffel.)

et 23 (aile en forme de croissant à bord d'attaque tranchant et incliné vers le bas). Dans tous les cas, la dépression moyenne sur le dos de l'aile est souvent double de la pression sur la face concave. L'aile est deux fois plus aspirée sur sa face dorsale qu'elle n'est poussée sur sa face inférieure. Il convient donc de se préoccuper notamment de la fixation du tissu supérieur garnissant l'aile.

VIII. — ETUDES D'UN MODÈLE COMPLET D'AÉROPLANE.

L'étude des résistances de l'air sur les divers organes d'un aéroplane a été complétée, au laboratoire de M. G. Eiffel, par des expériences sur un modèle complet. La balance aérodynamique permet de connaître la poussée et la traînée, soit sur l'ensemble des organes, soit sur l'appareil privé de ses ailes; par différence, la poussée et la traînée sur les ailes sont connues. Si, par exemple, on considère un monoplan R. E. P., on trouve les valeurs suivantes pour l'angle de 4°3, voisin des angles normaux du vol :

Efforts exercés sur le modèle complet (vitesse 10 m./sec.)	Trainée	208 gr.
	Poussée	978
	Rapport de la traînée à la poussée	0,214
Efforts exercés sur le fuselage, le moteur, le train d'atterrissage.	Trainée	67 gr.
	Poussée	19
Efforts exercés sur les ailes seules.	Trainée	141 gr.
	Poussée	959

IX. — CHOIX D'UNE FORME D'AILE DANS UN PROJET D'AÉROPLANE.

Pour terminer cette étude, posons-nous le problème suivant :

On se donne, pour construire un aéroplane,

- La puissance utile Π du moteur, c'est-à-dire, sa puissance mesurée au frein multipliée par le rendement de l'hélice;
- Le poids total P ;
- La surface sustentrice S ;
- La résistance à l'avancement r des résistances parasites;

Quelle est, parmi les ailes étudiées au laboratoire, celle qui, pour ces conditions, permettra la plus grande vitesse?

Appelons T la résistance à l'avancement des ailes seules, et K' , le coefficient de traînée correspondant.

(1) G. EIFFEL : *Loc. cit.*
L. MARCHIS : *Loc. cit.*

On a les relations :

$$(13) \quad K'_T = \frac{T}{SV^2} = \frac{T + rV^2}{SV^2} - \frac{r}{S} = \frac{(T + rV^2)V}{SV^3} - \frac{r}{S} = \frac{H}{SV^3} - \frac{r}{S}.$$

Si K'_P est le coefficient unitaire de poussée, on a d'autre part :

$$(14) \quad K'_P = \frac{P}{SV^2}.$$

Admettons que les coefficients K'_T et K'_P relatifs à un aéroplane, soient égaux aux coefficients K_T et K_P relatifs à un modèle semblable, multipliés par des coefficients μ_T et μ_P à déterminer par des expériences sur des appareils en grandeur normale.

Les coefficients K_T et K_P sont alors liés aux autres caractéristiques de l'aéroplane par les relations :

$$(15) \quad \begin{cases} K_T = \frac{H}{\mu_T SV^3} - \frac{r}{\mu_T S} \\ K_P = \frac{P}{\mu_P SV^2} \end{cases}$$

Ces équations définissent, en fonction d'un paramètre variable V , une courbe γ tracée dans le plan (K_T , K_P) (fig. 24). Dans le même plan, traçons les polaires C , C' , C'' de diverses ailes étudiées au laboratoire. Soit M le point d'intersection de la polaire C avec la courbe γ . Si on considère ce point comme appartenant à la polaire C , il correspond à un angle d'attaque des ailes égal à i_M ; si on le considère comme situé sur la courbe γ , il est caractérisé par une valeur V_M de la vitesse de translation. Si donc, avec l'aile dont le diagramme polaire est C , on veut satisfaire aux conditions imposées plus haut, il faudra faire voler l'aéroplane avec une vitesse V_M sous une incidence i_M .

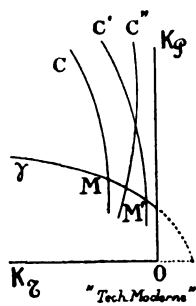


FIG. 24.

Mais nous voulons avoir la forme d'aile donnant la vitesse maximum. Or, toutes choses égales d'ailleurs, le maximum de V correspond au minimum de K_P .

Donc l'aile qui donnera la vitesse maximum sera celle dont le diagramme polaire rencontrera la courbe γ au point le plus bas. Dans le cas actuel, cette aile est celle dont le diagramme polaire C' rencontre la courbe γ au point M' ; l'angle d'attaque est alors égal à $i_{M'}$ et la vitesse de l'aéroplane est $V_{M'}$.

Dans son récent mémoire sur la *Résistance de l'Air et l'Aviation*, M. G. Eiffel a fait, pour les aéroplanes actuellement connus, l'hypothèse que les coefficients de transformation μ_T et μ_P sont l'un et l'autre égaux à 1,1. Il a vérifié que cette hypothèse rendait bien compte des propriétés générales de ces aéroplanes. La courbe γ , construite en partant de cette hypothèse, est représentée sur la figure 25 : elle y est comparée à la polaire d'une aile Wright. On voit ainsi dans quelles conditions on peut, avec l'aile Wright, satisfaire au problème posé.

Il est intéressant de se demander dans quelles limites l'aile Wright peut être utilisée pour des conditions voisines de celles qui ont été posées plus haut. Il suffit de rechercher comment se déplace la courbe γ dans le plan (K_T , K_P). Si la résistance à l'avancement r diminue et devient $r - \Delta r$, la nouvelle valeur de K_T devient

$$(16) \quad K_T^{(1)} = K_T + \frac{\Delta r}{\mu_T S}.$$

Le coefficient K_P reste le même. La nouvelle courbe γ_1 n'est autre que la courbe γ déplacée vers la gauche de la quantité $\frac{\Delta r}{\mu_T S}$ (fig. 26). Le point M de la figure 25 vient en M_1 , qui correspond à un angle i plus faible et à une plus grande valeur de V . Dans ce cas, l'aile Wright conduit donc à une diminution de l'angle d'attaque et à une plus grande vitesse de translation.

Si, toutes choses égales d'ailleurs, le poids transporté aug-

mente et devient $P + \Delta P$, le coefficient K_T garde sa valeur, tandis que le coefficient K_P devient

$$(17) \quad K_P^{(1)} = K_P + K_P \frac{\Delta P}{P} = K_P \frac{P + \Delta P}{P}.$$

Les ordonnées de la nouvelle courbe γ_2 (fig. 27) sont celles de la courbe γ grandies dans le rapport $\frac{P + \Delta P}{P}$. L'aile Wright peut

encore être utilisée pour résoudre le nouveau problème; elle donne un angle d'attaque plus grand avec une vitesse de translation peu différente de la première (courbe γ , fig. 25). Mais cette aile ne permet plus une nouvelle surcharge, qui aurait pour effet d'empêcher les deux courbes de se couper.

Cet exposé de l'état actuel des études entreprises sur la *Résistance de l'air* montre combien sont importants les résultats obtenus par M. G. Eiffel dans son laboratoire de la Tour. L'aéro-

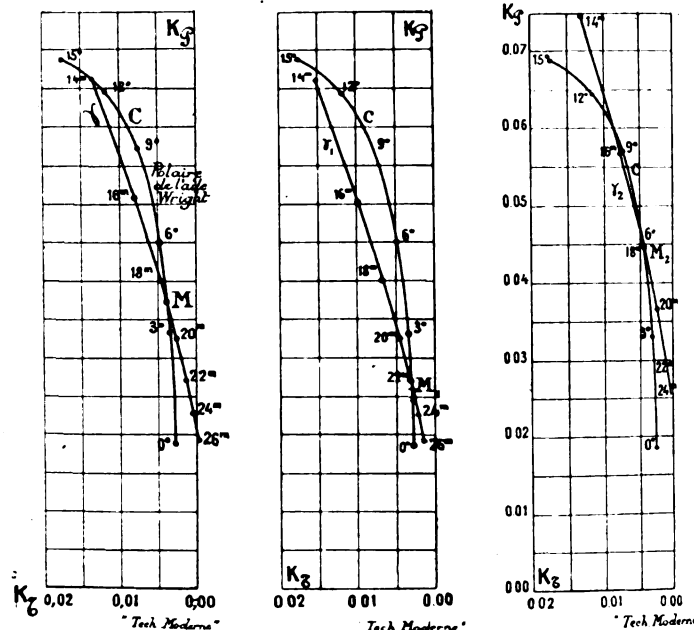


FIG. 25. — Comparaison de la courbe γ avec la polaire de l'aile Wright par M. G. Eiffel.

FIG. 26. — Comparaison de la courbe γ_1 et de la polaire de l'aile Wright par M. Eiffel.

FIG. 27. — Comparaison de la courbe γ_2 et de l'aile Wright par M. G. Eiffel.

dynamique des modèles est constituée. Il reste maintenant à transformer, par voie d'essais convenablement dirigés, les coefficients ainsi déduits de l'expérience, afin de connaître leurs valeurs pour des aéroplanes semblables au modèle et de grandeur normale. Cette œuvre, qui va être entreprise de divers côtés, aura été merveilleusement préparée par le savant ingénieur, qui complète ainsi, par un mémoire scientifique hors de pair, la série des admirables travaux qui l'ont déjà rendu célèbre.

Note. — M. Eiffel a fait tout récemment une série d'expériences sur des plaques courbes (flèche = $\frac{1}{13,5}$) dont les allongements varient depuis $\frac{1}{6}$ jusqu'à 9. Ces plaques ont les mêmes dimensions que les plaques planes, qui ont servi à tracer les courbes de la figure 1; elles sont courbées circulairement avec une flèche égale à $\frac{1}{13,5}$. On voit que cette courbure, si faible quelle soit, a pour effet de remonter beaucoup les courbes qui donnent le rapport $\frac{K_i}{K_0}$ en fonction de l'angle i (fig. 28); elle augmente la valeur des maxima d'environ 15 %, sans que l'inclinaison, pour laquelle se produit chaque maximum, soit changée sensiblement. Ainsi l'anomalie signalée pour les plaques carrées se retrouve

encore ici aux environs de $i = 38^\circ$; mais l'augmentation de résistance totale par rapport à la plaque normale atteint 68 % au lieu de 45 %. Pour l'allongement 6, le maximum du rapport de $\frac{K_i}{K_0}$, qui était égal à 0,7 à 15° pour les plans, est devenu pour cette même inclinaison 1,03, c'est-à-dire que le coefficient K_i dépasse alors celui de la plaque normale. Sauf ce relèvement, les nouvelles courbes ont la même allure que celles relatives aux plaques planes.

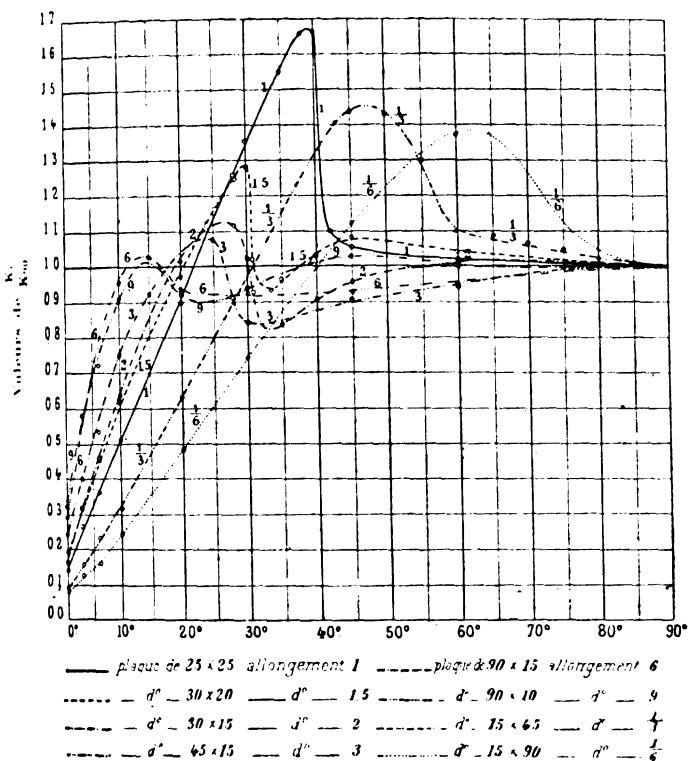


FIG. 28. — Valeurs du rapport $\frac{K_i}{K_0}$ pour des plaques courbes de flèche $\frac{1}{13,5}$ et de différents allongements.

Si on compare ces résultats à ceux que M. Prandtl a obtenus avec une surface de même forme et de flèche sensiblement égale (fig. 11), on voit que l'existence de deux états d'équilibre correspondant à un même angle i ne se confirme pas pour les plaques d'allongement égal à 1. De plus, si on fait une comparaison quantitative entre les résultats d'Eiffel (allongements 1 et 6) et ceux de Prandtl (allongements 1 et 5, 25), on trouve avec ceux-ci une augmentation de 10 % par rapport aux premiers. Peut-être faut-il ne considérer les résultats des expériences de Göttingen que comme des résultats provisoires.

Les déplacements des centres de poussée pour les plaques précédentes étudiées par M. Eiffel sont représentés sur la

figure 29 [les faisceaux de courbes correspondent : à droite, au cas où le vent attaque la partie concave de la surface; à gauche, au cas où le vent attaque la partie convexe de la surface]. Lorsque le vent attaque la partie concave de la surface, et que l'incidence i

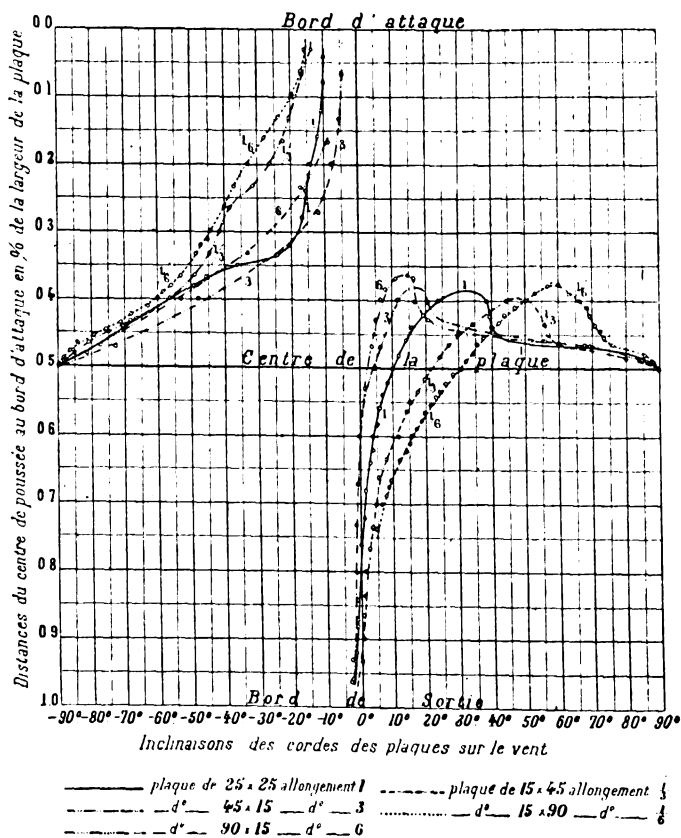


FIG. 29. — Centres de poussée sur des plaques courbes de flèche $\frac{1}{13,5}$ et de différents allongements.

diminue, le centre de poussée se rapproche toujours du bord de sortie à partir d'une certaine valeur de l'angle i . Mais la valeur de cet angle, pour laquelle a lieu le changement de sens dans le déplacement du centre de poussée, est d'autant plus petite que l'allongement est plus grand; ainsi pour l'allongement 6, une telle modification se produit à partir de $i = 15^\circ$ environ, tandis que pour l'allongement $\frac{1}{6}$ elle a lieu à partir de $i = 57^\circ$ environ. Lorsque le vent attaque la partie convexe de la surface, le centre de poussée se rapproche toujours du bord d'attaque, quand l'angle i varie de 90° à 0° .

L. MARCHIS,
Professeur d'aviation à la Faculté
des Sciences de l'Université de Paris.

CHEMINS DE FER

L'USURE ONDULATOIRE DES RAILS

La question de l'usure ondulatoire des rails, très étudiée en ces derniers temps, a déjà fait, il y a quelques années, l'objet de nombreuses observations tant en France qu'à l'étranger.

Les premières remontent à 1899; à cette époque, l'ingénieur en chef de la traction des chemins de fer de Birmanie estimait que l'usure provenait de ce que l'acier renfermait une proportion excessive de manganèse.

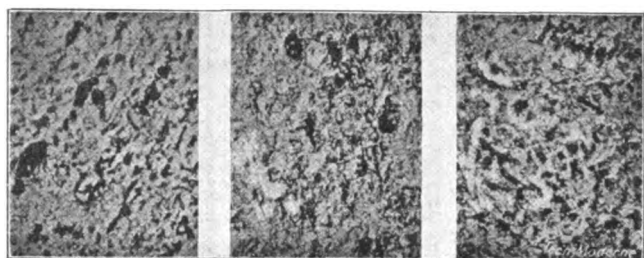
En 1900, une Commission chargée par le Board of Trade de faire une enquête sur cette question, publia un rapport où elle reconnaissait l'influence exercée sur la nature de la corrosion atmosphérique par la répartition inégale dans le rail, du fer et du carbure de fer, fait qui se produit surtout en présence d'une forte proportion de manganèse. Lorsque, par suite du recuit et des autres opérations auxquelles le rail est soumis pendant la fabri-

♦♦

cation, le fer se dépose en grandes veines et lamelles, les microphotographies paraissent indiquer que ces dernières sont rongées par des corrosions atmosphériques donnant naissance à des sillons artificiels.

Dans la séance du 10 mai 1904 du Verein für Eisenbahnkunde, M. Haarmann, directeur-ingénieur, émit l'avis qu'il était rare de rencontrer, sur les lignes principales, des rails ondulés par l'usure. M. Hans Schwarz a, au contraire, observé des ondulations de rails en plusieurs points de la ligne Magdebourg-Halberstadt; elles sont toutefois moins importantes que celles des rails exposés par M. Haarmann. L'ondulation n'est même visible qu'avec une bonne lumière, l'observateur se trouvant face au soleil; elle est alors bien apparente. L'ondulation n'a été constatée que sur des sections exposées à l'action des freins et constituées de rails types 8 et 6, sur traverses en bois et ballast en gravier. L'une de ces sections avait été substituée en rails du type 8 quelques mois seulement avant les observations. La longueur de l'ondulation correspond partout exactement à l'espacement des traverses; cependant, elle saute une traverse de temps en temps.

Bien qu'il n'ait pu être noté d'irrégularité dans l'usure du champignon, M. Schwarz admet que l'usure est produite à un



A B C

FIG. 1. — Micrographie d'un rail à double champignon présentant le phénomène du ronflement. — A, dépression dans la table de roulement; B, saillie sur la table de roulement; C, intérieur d'une saillie de la table de roulement.

faible degré par le glissement des roues freinées en relation avec la différence d'inflexion du rail suivant que ce dernier est soutenu ou non.

M. Wilkinson, ingénieur à la Compagnie du Bengal and North Western Railway, estimait, en 1904, que l'usure ondulatoire était due à la dureté extraordinaire de l'acier employé, ce qui provoquait des mouvements de vibration donnant une série de nœuds sur la partie des rails en contact avec les roues, tandis que le reste de la surface de roulement non en contact avec les roues s'oxydait et finissait par disparaître.

En décembre 1906, dans le *Bulletin du Congrès international des Chemins de fer*, M. Moyle, ingénieur en chef de la voie à l'« Eastern Bengal State Railway », publiait sous le titre « Rails ronflants » une nouvelle étude de la question.

On reconnut que le ronflement observé sur certains rails de l'Eastern Bengal Railway était causé par des sillons formés en travers de la table de roulement, et dont le sommet était très dur et le fond tendre. Le ronflement était si intense en certains points que deux agents visitant la ligne sur un petit lorry ne pouvaient s'entretenir, même en criant, quand ils passaient sur une section continue de rails « ondulés ». On constata que la largeur moyenne des ondulations était 18,8 mm., leur profondeur 0,09 mm.

L'usure des rails se produisait plus rapidement aux points où les convois étaient freinés; elle se produisait toujours sur des rails en acier, jamais sur les rails en fer. Enfin, le métal attaqué à la lime était dur au sommet des ondulations, tendre au fond. Peu de temps après son retournement, un rail à double

champignon, de 36 kg. 20 au mètre courant, et présentant le phénomène du ronflement, se trouva cassé. Des échantillons prélevés sur ce rail furent envoyés au laboratoire du Royal Indian Engineering College, Cooper's Hill, qui conclut que le ronflement n'était dû à aucune particularité du rail lui-même.

La figure 1 montre diverses structures de ce rail. Les parties blanches paraissent être de la ferrite; mais, sous un grossissement plus puissant, on reconnut que c'était de la perlite entiè-



FIG. 2. — Vue en plan d'un rail présentant des traces d'usure ondulatoire.

rement lamelleuse en A, de la perlite presque entièrement lamelleuse en B et de la perlite très finement lamelleuse en C.

Enfin, à la suite d'études très serrées et très suivies, M. Perroud, ingénieur de la voie au chemin de fer du Nord, est arrivé aux conclusions suivantes (1) :

Les rails présentent en général, dès leur mise en service, une surface légèrement ondulée qui semble due aux vibrations à la sortie des trains de laminaires.

Suivant la dureté du métal, la fatigue qu'il a à supporter, la vitesse des trains, etc., les ondulations primitives peuvent s'accroître ou diminuer; sur les rails d'acier dur en particulier, et dans les voies parcourues par des trains à grande vitesse, les ondulations persistent.

Les dénivellations sont complètement indépendantes de la longueur des rails, de la nature du ballast et de la plate-forme.

Les dénivellations sur les rails d'acier dur peuvent atteindre 0^m,0003; l'écartement des sommets des ondulations est de 0^m,03 à 0^m,04, mais cet écartement doit varier avec le laminoir.

Après le franchissement des sommets des aspérités, les roues animées d'une grande vitesse de translation se détachent légèrement du rail pour retomber sur la face amont de l'aspérité suivante. Il se produit un martelage de ces aspérités donnant naissance à des taches brillantes.

Les chocs des roues avec les rails (qui se succèdent à des intervalles de 1/1000 de seconde environ correspondant à un écartement d'ondulations de 0^m,03 environ et à des vitesses de

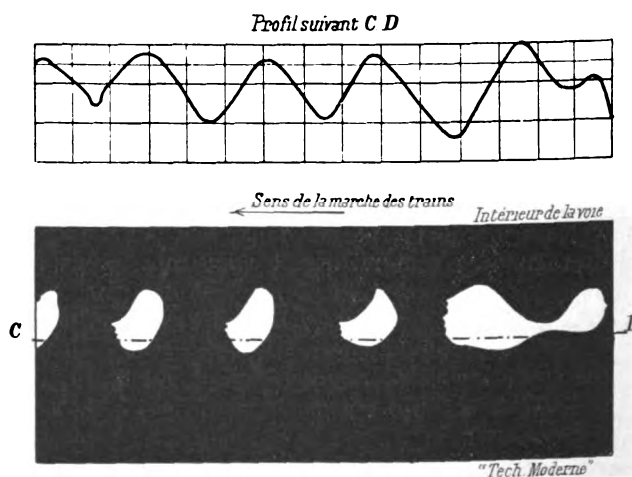


FIG. 3. — Aspect en plan du champignon du rail. Profil suivant CD: échelle des ordonnées 200/1; abscisses: échelle 1/2.

trains de 100 km. à l'heure) produisent un son bien caractérisé (ronflement observé au début).

Par suite des interruptions successives du contact de la roue et du rail, il en résulte des relèvements et abaissements de la

(1) *Revue générale des Chemins de fer*, août 1907.

voie qui provoquent le débouillage des traverses exigeant en ces endroits un entretien plus soigné.

Enfin, il paraît possible de remédier à ces inconvénients en rabotant la surface des rails, de préférence avant la mise en service.

Les rails observés par M. Perroud présentaient des taches brillantes et avaient l'aspect indiqué (fig. 2 et 3). Les parties de voie où ils ont été pris, sur la ligne de Paris à Creil par Chantilly, étaient en alignement droit et en pente de 5 mm. par mètre. La vitesse des trains qui passent en cet endroit est de 80 km. à l'heure au minimum et peut atteindre 120 km. Le bruit fait par le passage des trains, par suite de l'usure ondulatoire, prend naissance aux vitesses de 70 à 80 km. et il s'accroît beaucoup quand la vitesse dépasse 100 km.

Dans un rapport présenté au Congrès de l'Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local à Milan en 1906, l'hypothèse que l'usure ondulatoire provenait de la nature même du métal avait été admise.

Au Congrès de Munich, en 1908, des photographies de rails neufs montraient que certaines irrégularités provenant du laminage pouvaient provoquer la formation des ondes.

Enfin, des essais effectués avec des rails provenant de différents laminages ont prouvé que les rails provenant de certains laminages portaient la trace d'usure ondulatoire notable, tandis que

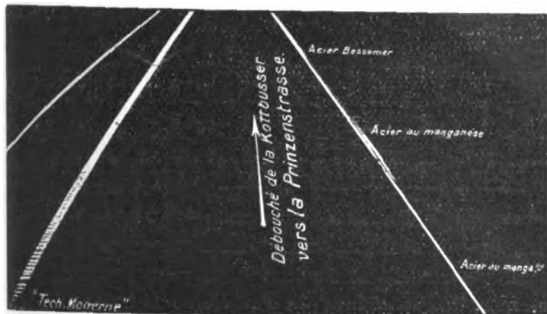


Fig. 4. — Photographie d'une section de voie des tramways de Berlin.

ceux provenant d'autres laminages n'étaient sensiblement pas changés.

Indépendamment de ces causes primordiales, d'autres causes dues au matériel, au mouvement de propulsion, etc., interviennent.

Au Congrès de Munich, la Commission nommée par l'Association des Tramways et Chemins de fer d'intérêt local avait groupé ainsi les diverses causes d'usure ondulatoire :

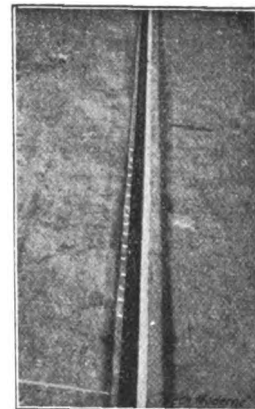
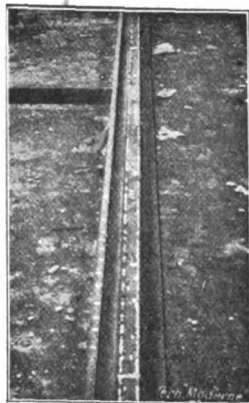
1° Nature du métal du rail; 2° Emploi de bandages trop durs dans les roues des véhicules; 3° Freinage énergique en pleine marche; 4° Démarrages trop rapides; 5° Mouvements de lacets; 6° Courbes de grands rayons; 7° Nature de l'infrastructure, soubassements trop rigides ou trop élastiques.

Enfin sur 75 Compagnies consultées à l'occasion du XVI^e Congrès international qui s'est tenu à Bruxelles du 6 au 11 septembre 1910, 72 Compagnies ont relevé le phénomène de l'usure ondulatoire pour leurs rails, 8 pour les bandages de roues.

Les Tramways d'Amsterdam ont constaté l'usure ondulatoire aux endroits où les mentonnets des roues sont appuyés contre les champignons des rails. La longueur des ondes augmente avec la vitesse des voitures. De plus, en alignement droit, l'usure ondulatoire se fait surtout sentir aux endroits où les véhicules sont soumis aux mouvements de lacets.

D'autre part, on a constaté, à Bordeaux et à Paris, que l'usure ondulatoire se produisait par suite du frottement des roues, frottement qui provient : en courbe, de la différence des chemins de roulement de deux roues calées sur le même essieu; en alignement droit, des différences de diamètre de roulement de deux roues, se déplaçant transversalement sous le mouvement de lacet.

Pour éviter cette usure, la Compagnie générale des Omnibus de Paris et la Compagnie des Tramways électriques de Bordeaux ont mis à l'essai des dispositifs permettant d'éviter le glissement



Photographies d'un même rail.

FIG. 5. — Avant sa mise en service. FIG. 6. — Après sa mise en service.

des roues sur les rails en rendant les deux roues d'un même essieu indépendantes.

Les Tramways municipaux de Dresde estiment que l'usure ondulatoire ne résulte pas nécessairement de la nature du métal et qu'elle a pu disparaître par l'emploi d'un soubassement suffisamment élastique, par exemple de traverses en bois.

Les Tramways d'Helsingborg indiquent comme cause possible de l'usure ondulatoire, la force gyroscopique créée par la grande vitesse de rotation de l'induit du moteur. Cette force gyroscopique contrarierait le mouvement des roues qui, étant solidaires des essieux et par suite du palier du moteur, suivent exactement les sinuosités de la voie.

D'une façon générale, la plupart des Compagnies admettent, comme cause principale de l'usure ondulatoire, la nature du métal, les procédés de laminage et enfin le glissement des voitures. Dès que la table de roulement n'est pas parfaitement plane, le métal même le plus dur ne résiste pas à l'attaque du glissement des roues; le fait est visible sur la figure 4, qui représente une section de voie des tramways de Berlin.

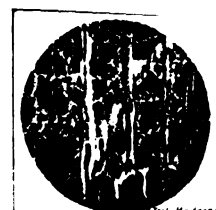


FIG. 7.

FIG. 8.

FIG. 9.

Photographies micrographiques.

FIG. 7. — Rail à gorge en service depuis plusieurs années et ne présentant aucune trace d'usure ondulatoire : C, 0,34; Si, 0,17; Mn, 0,74; S, 0,075; P, 0,048. Ne présente que quelques courtes gercures longitudinales en ferrite.

FIG. 8. — Rail à gorge présentant le phénomène de l'usure ondulatoire : C, 0,44; Si, 0,24; Mn, 0,78; S, 0,065; P, 0,051. Présente de nombreuses gercures longitudinales en ferrite.

FIG. 9. — Rail à gorge sur lequel n'a encore roulé aucune voiture : C, 0,47; Si, 0,04; Mn, 0,96; S, 0,048; P, 0,087. Présente de très nombreuses gercures longitudinales en ferrite.

M. Petersen, directeur des tramways municipaux de Dortmund, a découvert sur certains rails, même avant leur mise en service, des traces d'ondes normales; le métal porte donc en lui-même la cause primordiale de l'usure ondulatoire. Les figures 5 et 6 repré-

sentent le même rail : 1° avant sa mise en service; 2° après quelques mois de service. On reconnaît sur la figure 5 des traces de raies qui se sont transformées en ondes normales visibles sur la figure 6.

La Société des tramways de Dortmund a soumis à l'examen micrographique : 1° un rail en service depuis plusieurs années montrant des traces très visibles d'usure ondulatoire; 2° un rail en service depuis plusieurs années, mais exempt de cette usure; 3° un rail non encore mis en service (fig. 7, 8 et 9).

Les parties claires de ces figures constituent la ferrite, les parties brunes, la cémentite.

On peut voir que le rail exempt d'usure ondulatoire a une texture fibreuse beaucoup plus saine que les autres.

Il semble que ce rail ait été laminé à une température plus élevée, ce qui confirme l'hypothèse suivante de M. Petersen :

« Par suite du refroidissement pendant les dernières passes du laminage, le lingot, lors de son passage à travers les cannelures des cylindres, doit vaincre une résistance importante; il en résulte que, à une température élevée, le lingot passant d'une manière régulière et uniforme, donne un métal homogène; les dernières passes se font par à-coups et il se produit des écrase-

ments et des modifications de métal, qui déterminent l'usure ondulatoire ».

Enfin l'installation des voies sur un soubassement en béton ou sur une construction métallique, comme un jeu insuffisant entre l'écartement des rails et l'écartement des roues, peut provoquer le développement de l'usure ondulatoire.

On voit donc que les tâtonnements des premières études sur cette importante question se sont peu à peu orientés vers des conclusions de plus en plus précises pour arriver enfin à l'origine du phénomène. L'un des remèdes proposés, et employés avec un certain succès, consiste à raboter, de préférence avant la mise en service, la surface de roulement des rails (des appareils spéciaux ont été construits pour faire ce travail et pour raboter les surfaces de roulement de rails en service). Néanmoins, la question ne peut être considérée comme entièrement résolue, et des recherches complémentaires sur la nature des rails et sur les autres causes de l'usure ondulatoire se poursuivent actuellement.

Fernand DUBAR,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

CHEMINS DE FER

DE LA RÉPÉTITION SUR LES LOCOMOTIVES DES SIGNAUX DE LA VOIE⁽¹⁾

(Suite et fin.)

RAILWAY AUDIBLE CAB SIGNAL.

L'appareil en service sur le réseau anglais du Great Western Railway utilise également le courant permanent d'une batterie placée sur la locomotive pour bloquer un sifflet à l'aide de l'armature d'une bobine excitée par ce courant. Un pendentif vertical, fixé sous la machine, et pouvant coulisser dans un fourreau, est chassé de bas en haut lorsqu'il rencontre sur la voie une

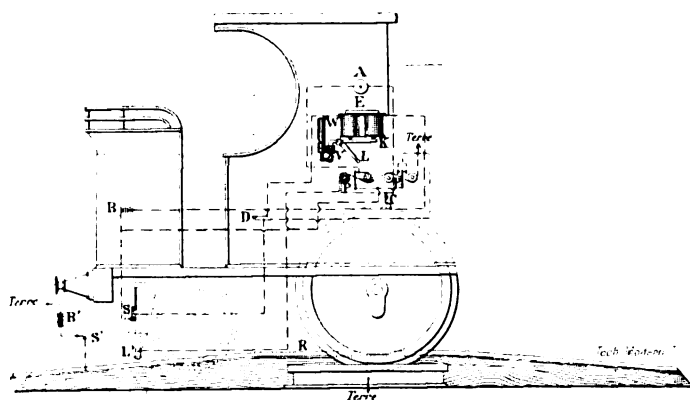


FIG. 15. — Railway Audible Cab Signal.

rampe spéciale formée par un fer à J reposant sur une poutrelle de bois. L'ascension du pendentif commande le fonctionnement d'un commutateur qui rompt le circuit de blocage du sifflet. Le signal de danger se produit ainsi à chaque passage de la machine sur une rampe.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 2, p. 65; n° 3, p. 145.

Toutefois, lorsque la voie est libre, la rampe métallique se trouve connectée par le signal avec une pile de voie. Le courant de cette pile, recueilli par le pendentif, arrive à un deuxième électro-aimant placé sur la machine; ainsi excité, cet électro agit sur l'armature du premier électro et la maintient au collage, malgré la rupture mécanique du courant permanent.

On voit que la production du signal de danger est indépendante des connexions de la rampe formant crocodile, ce qui est

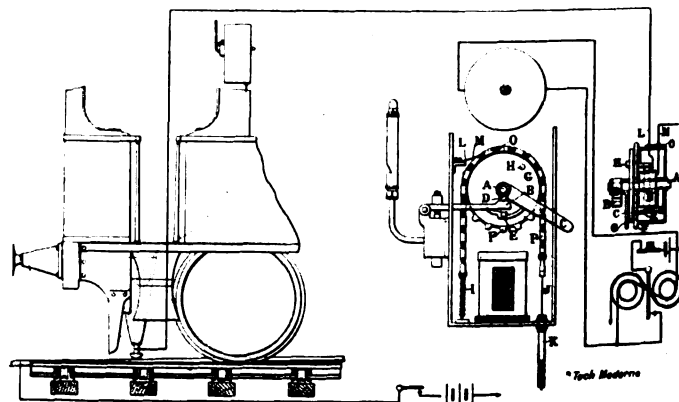


FIG. 16. — Railway Audible Cab Signal (Détails).

évidemment avantageux; mais la production du signal de voie libre reste sujette aux mêmes causes de raté que celle du signal de danger dans l'appareil actuel de la Compagnie du Nord français (fig. 15 et 16).

Les divers dispositifs imaginés en vue de perfectionner l'appareil si simple de MM. Lartigue et Forest offrent donc encore de sérieux inconvénients :

Le dispositif de la Compagnie de l'Est, par suite de l'usure rapide de la pile résultant de sa liaison permanente à un crocodile établi au ras de terre et difficile à isoler complètement, et de la possibilité, qu'à l'insu du mécanicien, il n'ait pas été remédié à cette usure au moment du passage du train devant un disque fermé ou qu'il se produise un court circuit;

Le dispositif César, à cause de la grande longueur à donner aux crocodiles et de la possibilité qui subsiste de recueillir une indication positive de danger *au droit d'un signal ouvert*, ce qui peut troubler le mécanicien et lui faire perdre du temps;

Le « Railway Audible Cab Signal » par suite des mêmes raisons.

Les expériences belges et anglaises, ainsi que les essais poursuivis depuis plusieurs années par la Compagnie P.-L.-M. ont démontré, toutefois, sans contestation possible, que l'installation de la pile sur la machine ne présente aucune difficulté *spéciale* et n'exige aucun soin particulier d'entretien, et qu'il est également très facile d'organiser sur la machine un circuit constamment fermé permettant le contrôle permanent de la pile. Le bon fonctionnement du crocodile ne dépendra, dès lors, que des conditions de sa liaison avec la borne du commutateur et de la connexion de l'autre borne de celui-ci avec le rail. Or, ce sont là des conditions d'ordre purement mécanique, qu'il est aisé de réaliser avec toute la certitude que comporte la construction d'un appareil quelconque. Il paraît donc pour le moins inutile de chercher à les eluder.

On arrive, ainsi, à cette conclusion que le problème est susceptible d'être résolu d'une façon à la fois pratique, peu coûteuse et présentant toutes les garanties de sécurité désirables, moyennant l'adoption pure et simple de l'appareil de MM. Lartigue et Forest, modifié par l'installation de la pile sur la machine et complété par l'addition d'un petit électro-aimant permettant l'enregistrement sur la bande de papier de l'appareil Flaman de la position des signaux rencontrés *fermés*.

On risquera, à la vérité, quelques fonctionnements intempestifs¹; mais ceux-ci n'ayant aucune chance de se produire *au droit d'un signal*, ne troubleront en rien les mécaniciens et seront facilement repérés au moment de l'examen des bandes de papier.

Quand bien même la Compagnie du Nord se refuserait à modifier ses installations, les Compagnies voisines pourraient adopter la solution ci-dessus indiquée, à la simple condition d'orienter leurs piles dans le même sens que celui adopté par le Nord. Les machines de leurs réseaux pourraient ainsi passer sur le réseau du Nord sans inconvénient; les machines du Nord seraient, par contre, privées du secours de l'avertisseur lorsqu'elles passeraient sur un réseau voisin.

Récepteurs mécaniques.

Tandis qu'il est possible de fixer aux boîtes à graisse les brosses destinées à actionner les appareils électriques auxquels on peut les relier par des fils souples, on est nécessairement conduit à fixer au châssis lui-même les pendentifs destinés à agir sur des mécanismes portés par la machine et dont la position, par rapport aux essieux, dépend de la flexion des ressorts. On est donc forcé de régler de temps en temps la position des pendentifs.

D'autre part, la nécessité de recourir à des pédales mobiles pour actionner les pendentifs oblige à emprunter à la transmission du signal l'énergie nécessaire pour effacer les pédales. En cas de coïncidence de celles-ci pour une cause quelconque, neige, gelée, etc., il pourra devenir impossible de remettre à voie libre le signal fermé.

¹ Pour éviter ces fonctionnements intempestifs, il suffirait d'ailleurs d'employer deux brosses qui viendraient lécher simultanément deux crocodiles parallèles. Le circuit se fermerait alors quand les deux crocodiles seraient reliés métalliquement au moyen du commutateur manœuvré par le disque.

De plus, la rencontre de tas d'escarbilles ou de cendrées risquera davantage de faire fonctionner intempestivement un pendentif qu'une brosse, car pour que le courant passe, il faut que l'obstacle : 1° existe; 2° soit assez bon conducteur de l'électricité; tandis que la première de ces conditions suffit à produire le fonctionnement intempestif d'un appareil à pendentif peu dur.

Ces inconvénients, évidents *a priori*, n'ont pas empêché certains réseaux (Midi, Orléans, État, P.-L.-M.) de mettre à l'essai des appareils purement mécaniques, qui présentent l'avantage, à leurs yeux primordial, de ne pas exiger l'emploi de piles.

Il y a plus de vingt ans, M. Ribard, ancien capitaine d'artillerie de marine, imaginait de bloquer la soupape d'un sifflet à l'aide d'une contre-pression de vapeur et de faire cesser cette contre-pression au moment du passage du train devant un disque fermé. A cet effet, un tube fragile ménagé dans la canalisation était disposé dans les parties basses de la locomotive de manière à rencontrer un casse-tube solidaire du signal à répéter; toutefois, le mécanicien pouvait effacer le tube par rotation autour d'un axe vertical et cette manœuvre avait pour conséquence d'actionner également le sifflet, mais sans dommage pour le tube.

Vers la même époque, M. Marin, inspecteur des chemins de fer de l'Est, imaginait d'agir sur le sifflet à l'aide d'un levier vertical à galet, disposé sous la machine et dont la rotation autour d'un axe vertical était provoquée, au droit des signaux fermés, par une longue aiguille manœuvrée par le disque.

Les essais des appareils Ribard et Marin donnèrent déjà des résultats encourageants.

De son côté, la Direction des chemins de fer de l'État a entrepris, il y a quelques années, des expériences à petite échelle portant sur un certain nombre de dispositifs dont l'un, électromécanique, était dû à la collaboration de l'auteur de cet article avec M. Henri Queyroul. Des essais en service courant s'y poursuivent en ce moment même et portent sur deux appareils, véritables merveilles de mécanique de précision, dus, le premier à M. Cousin, le second à M. Van Braam.

L'appareil Cousin détermine l'explosion d'une cartouche chaque fois qu'un disque est franchi, sans avoir été préalablement reconnu par le mécanicien; en même temps, une poudre colorante est projetée sur la voie, ainsi que des jetons portant le numéro de la machine. Ces résultats sont obtenus au moyen de la rencontre d'une pédale commandée par le disque et d'un pendentif placé sous la machine. L'action de la pédale sur le pendentif a sensiblement les mêmes effets que la pression exercée par le doigt sur la détente d'un browning : le coup part et l'appareil est automatiquement réarmé.

Eu égard aux fonctionnements intempestifs, toujours possibles, et qui auraient pour effet d'épuiser trop rapidement la provision de cartouches, M. Cousin a modifié récemment son appareil en utilisant simplement le mouvement du pendentif à mettre en action une sirène spéciale, qui hurle jusqu'à ce que le mécanicien agisse sur un levier, dont le déplacement remet tous les organes en état.

D'autre part, lorsque le mécanicien agit sur ce même levier sans que l'appareil avertisseur ait été déclenché, il détermine aussi le fonctionnement de la sirène (ce qui empêche l'agent de caler le levier en vue de paralyser l'appareil).

Cet avertisseur mécanique est complété par un double enregistrement électrique, réalisé sur la bande de l'appareil Flaman au moyen de deux styles supplémentaires, constamment appliqués sur la bande de papier, sur laquelle ils inscrivent, dans leur position normale, deux lignes parallèles et continues.

Lorsque le pendentif est actionné par la pédale, le style inférieur s'abaisse par suite de la rupture d'un circuit électrique, et tant que le mécanicien n'a pas remis les choses en l'état en actionnant son levier, ce style trace une ligne décalée par rapport à celle qui correspond à sa position normale. Donc, toutes

les fois que la machine aura rencontré un signal avancé fermé, on trouvera sur la bande de l'appareil Flaman le tracé suivant :



FIG. 17.

la longueur *ab* correspond au parcours effectué depuis la rencontre de la pédale jusqu'au moment où le mécanicien aura fait cesser le jeu de la sirène.

Pour permettre d'enregistrer, d'autre part, la vigilance du mécanicien, celui-ci est tenu, 200 mètres environ avant un signal avancé fermé, d'actionner momentanément le levier de l'appareil Cousin, ce qui, en faisant jouer la sirène, appelle l'attention du chef de train; l'action sur le levier produit d'ailleurs électriquement le soulèvement du style supérieur, laissant sur la bande du chronotachymètre le tracé ci-après :



FIG. 18.

En définitive, si le mécanicien a fait preuve de vigilance en abordant le signal avancé fermé, on trouvera sur la bande de l'enregistreur un tracé tel que celui-ci :

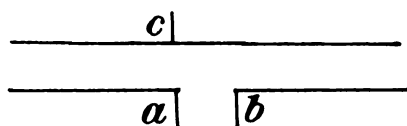


FIG. 19.

la marque supérieure *c* précédant le cran inférieur *ab*.

Si le mécanicien est surpris par le signal avancé, la marque supérieure *c* sera sur la même verticale que la fin de la marque inférieure *ab* :

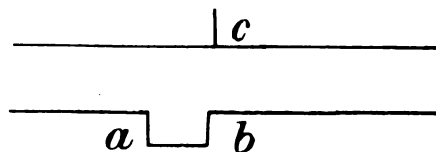


FIG. 20.

Ce dernier tracé se rencontrera aussi dans le cas où le fonctionnement du pendentif aurait été occasionné intempestivement par la rencontre d'un obstacle placé sur la voie. Mais les cas de ce genre sont rares en pleine voie, et l'examen du diagramme permettra en général de reconnaître que le fonctionnement ne s'est pas produit au droit d'un signal avancé. De plus, l'attention du chef de train étant appelée par le déclenchement de la sirène, celui-ci pourra témoigner que l'appareil n'a pas été actionné par un signal fermé.

Les fonctionnements intempestifs ont été rendus très rares grâce à l'emploi d'un pendentif double, composé d'un pendentif *actif* et d'un pendentif de *neutralisation* placé à 70 mm. du premier, sur la même transversale à la voie, et disposé de telle sorte que la rencontre *simultanée* des deux pendentifs *paralyse* le fonctionnement de l'appareil, lequel ne se produit que si le pendentif actif est seul actionné (ce qui a lieu lors de la rencontre d'une pédale).

APPAREIL VAN BRAAM.

Dans l'appareil Van Braam, le mouvement d'oscillation imprimé au pendentif à la rencontre de la pédale déplace un

ergot qui, dans sa position normale, maintient bandé un ressort spirale.

Tous les organes du dispositif répéteur sont mis en action par la détente de ce ressort qui entraîne l'arbre moteur. Toutefois, une pièce solidaire de cet arbre vient bientôt buter à son tour contre l'ergot, ce qui arrête le mécanisme, à moins que la rencontre d'une seconde pédale ne détermine un deuxième déplacement de l'ergot permettant à l'arbre de continuer son mouvement sous l'action du ressort spirale.

Aux trois positions de l'arbre correspondent :

1° Les trois positions : fermé, ouvert légèrement, grand ouvert, d'un robinet commandant le frein à air comprimé;

2° Le démasquage de l'une des indications : voie libre, disque rond fermé, carré fermé, inscrites sur un secteur circulaire placé sous les yeux du mécanicien; 3° Le silence ou le fonctionnement d'un sifflet spécial.

La rotation de l'arbre moteur actionne également un enregistreur simple et ingénieux placé dans une boîte scellée.

En ramenant le sifflet au silence, le mécanicien met automatiquement l'appareil en position pour un nouveau fonctionnement.

L'appareil Van Braam a été également essayé en Allemagne et les premiers résultats obtenus ont été assez satisfaisants pour déterminer les administrations de chemins de fer de ce pays à entrer, elles aussi, dans la voie des essais en service courant. Une centaine d'appareils ont été commandés à cet effet.

Il est à remarquer toutefois qu'on ne pourra être réellement fixé sur la valeur pratique de semblables appareils qu'après avoir observé un

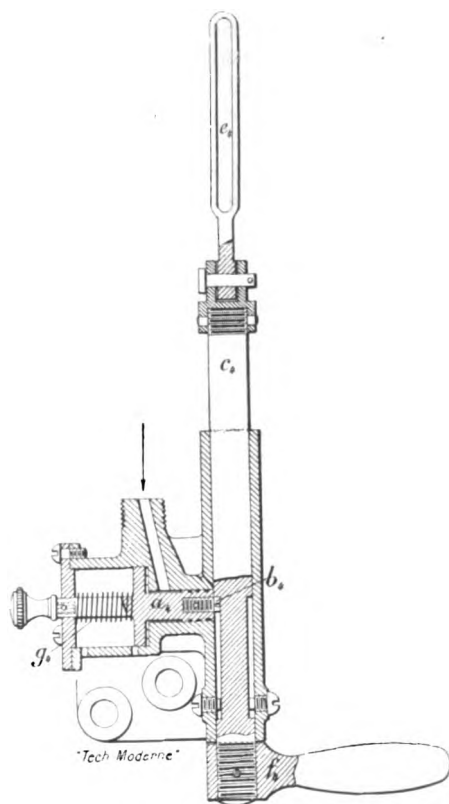


FIG. 22. — Commande pneumatique du sifflet P.-L.-M.

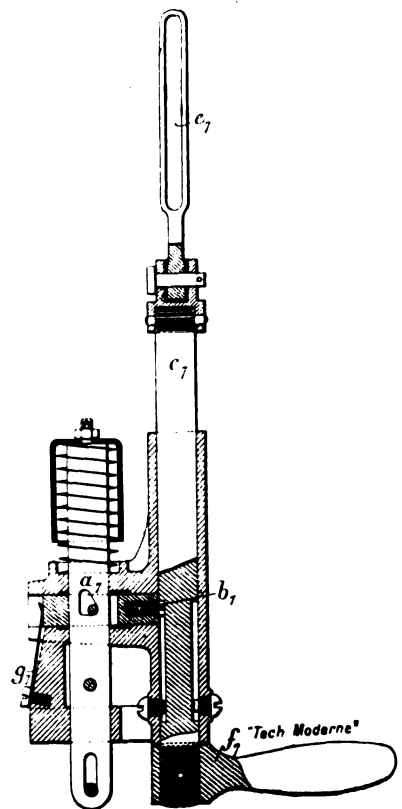


FIG. 21. — Commande mécanique du sifflet P.-L.-M.

très grand nombre de cas de fonctionnement. On ne saurait, en effet, engager à la légère la dépense considérable qu'en entraînerait l'adoption.

Or, en service courant, la rencontre d'un disque fermé est relativement assez rare, et un essai portant sur une vingtaine de machines et autant de signaux pourrait durer plusieurs années, sans que l'on soit à même de se prononcer. Pour résoudre la question, il serait indispensable de monter les appareils à l'essai, de manière qu'ils soient appelés à fonctionner au droit des disques rencontrés ouverts et à rester au repos devant les disques fermés. Avec 20 machines passant journellement devant 20 signaux, on pourrait observer 460 fonctionnements par jour, soit 12 000 par mois et 50 000 en quatre mois environ.

On serait alors en mesure de prendre une détermination défi-

nitive, en admettant toutefois que la dépense ne soit pas d'ores et déjà jugée en disproportion avec le résultat cherché.

Quoi qu'il en soit de ces expériences, et en supposant qu'elles réussissent pleinement, on restera en présence d'un choix à faire entre les appareils mécaniques et les appareils électriques.

Tous deux ont un ennemi commun : la *gelée*, ennemi particulièrement dangereux, car si le verglas peut gêner le passage du courant de la brosse au crocodile, la neige risque fort de paralyser les mouvements des pédales et, par répercussion, le mouvement des disques eux-mêmes. On serait alors obligé de dételier les pédales en hiver. Le cas s'est produit en Allemagne, lors des essais de l'an dernier.

J. NETTER,

Ancien Élève de l'École Polytechnique,
Capitaine du Génie en retraite.

CHEMINS DE FER

L'EXPLOITATION MODERNE D'UN GRAND RÉSEAU DE CHEMINS DE FER AUX ÉTATS-UNIS

(Suite.)

La recherche de l'économie s'étend aussi bien au chargement des combustibles, qui se fait par des élévateurs-enregistreurs, qu'à la distribution de toute autre matière; les huiles, par exemple, sont conservées dans des citernes disposées sous le parquet des magasins, et sont livrées, automatiquement, par quantités mesurées, au moyen de l'air comprimé; de cette façon, les gouttes et les épandages peuvent faire retour au réservoir, au travers de bassins perforés.

Les commandes de matériel-type ont lieu tous les mois, aussitôt l'inventaire mensuel arrêté. Pour éviter tout retard dans les cas urgents, ou toute surabondance de matériel, ou encore pour hâter la modification des échantillons types, de fréquentes conférences ont lieu entre les gardes-magasins et les chefs de service. C'est ainsi que, dans l'atelier des Forges, à Topeka, les pièces étalons figurent sur un tableau et portent chacune un numéro. Ces pièces sont exécutées au moyen de poinçons et de matrices indiqués par le contremaître forgeron; quel qu'en soit le nombre, elles sont usinées à Topeka et réparties dans les ateliers du réseau, ce qui facilite pour chacun de ces ateliers la rédaction des ordres de service.

La précision avec laquelle le service des réparations fonctionne, est, pour ainsi dire, mise en lumière par les tableaux enregistreurs (fig. 4) disposés dans les ateliers. Ces tableaux sont formés de baguettes où coulisent des dés dont les numéros correspondent à ceux des machines; il y a autant d'intervalles que de divisions types; les dés sont de diverses couleurs pour qu'on sache si le matériel de rechange est en main, incomplet, ou manquant, et leur position sur le tableau indique la date où la machine est inscrite comme arrivée à Topeka, ou comme envoyée au garage ou comme entrée aux ateliers.

Les besoins mensuels des districts font l'objet de demandes séparées; à leur réception au magasin central, les manutentionnaires que les articles concernent, les extraient de leur emplacement et les font sortir sur la plate-forme de chargement, en lots groupés par destination.

L'emploi des combustibles, qui sont aussi fournis par le Ser-

vice des magasins, est contrôlé très efficacement, au moyen des procès-verbaux de route des machines (tab. de la fig. 5, p. 212). Ces feuilles partent du bureau du contremaître des combustibles et sont rédigées en triple exemplaire, dont un est remis au mécanicien et les autres à l'inspecteur des combustibles. Un relevé mensuel de la dépense comparée des combustibles (tab. de la fig. 8, p. 213) est exécuté par le service compétent et retourné au quartier général des Magasins, avec tous les procès-verbaux que l'on ramène à une unité-base prise comme étalon. Les bureaux peu-

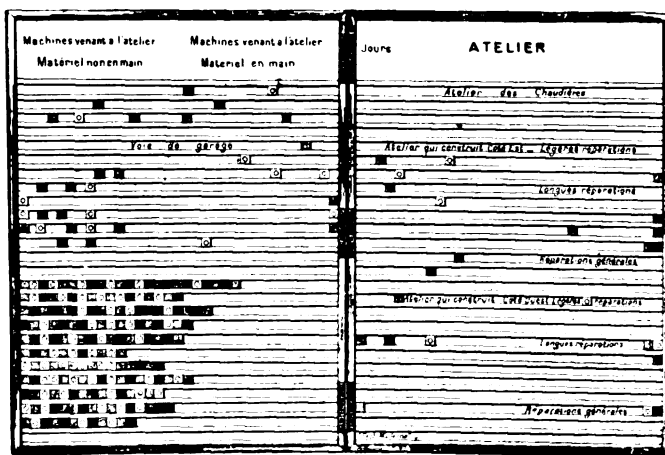


FIG. 4. — Tableau enregistreur des locomotives en réparation.

vent ainsi constater rapidement toute consommation anormale, s'enquérir de ses causes et y donner la suite convenable. Du chef de cette surveillance continue, il résultait, en 1908, une économie de combustible de près de 15 % sur la dépense prévue.

Les ateliers ne fabriquent rien sans un ordre de service, même quand il y a urgence; les ordres sont mis à la disposition du surintendant des Machines et Ateliers. Des numéros ont été assignés aux ordres d'atelier pour l'usinage, pour l'achèvement, pour la réparation de tous objets ou matières ordinairement

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1914), n° 3, p. 145.

FORMULE 814. — SANTA-FÉ.

A. T. et S. F. (initiales des réseaux)

Division Ouest

Feuille de marche journalière, tonnage et consommation de combustible par 100 tonnes-mille en service de marchandises.

Date _____

N° du train	ESPECE de train	CONDUCTEUR	MECANICIEN	CHAUFFEUR	MA-CHINE n°	DE	A	DIS-TANCE	TEMPS de service		N° des articles	TONNAGE DU TRAFIC				A ne pas remplir par le Conducteur				REMARQUES
									Heures	Min.		790	* 75%	3551	670	TONNES-MILLES	CHARBON ou huile consommé	TONNAGE moyen par train	POIDS moyen de combustible par 100 tonnes-milles	
											10	1,623	1,623	1,623	1,623	269,418	28,000	1,623	10,39	
											7	1,362	1,362	1,362	1,277	223,372	28,000	1,345	12,53	
											9	1,274	1,274	1,274	1,200	209,116	18,000	1,269	8,61	
											7	1,982	1,900	1,900	1,530	306,512	26,000	1,846	8,48	
											8	2,625	2,200	1,850	1,375	336,250	40,000	2,025	11,89	

FIG. 5. — Modèle d'une feuille quotidienne de marche des locomotives (44 × 41).

employés; il existe un certain nombre de numéros à vide pour les articles additionnels rarement demandés. Les ordres d'atelier sont libellés en triple expédition par les magasins (tab. de la fig. 9, p. 213); l'original et une copie vont au Service des ateliers, et

FORMULE 1071

SANTA-FÉ

S. O. n° _____

Garde-magasin _____ 190 _____

Prière de remettre au porteur :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

A porter en compte _____

Contremaitre.

FIG. 6. — Formule de demande au Magasin par le Service des ateliers (16 × 11).

une copie reste au Magasin; la copie du Service des ateliers ne revient au Magasin que lorsque le matériel, qui fait l'objet de la commande, est livré au magasin-client.

A la réception de la feuille ci-dessus, le directeur des ateliers la fait parvenir à la division compétente, réquisitionne le Magasin pour tout le matériel nécessaire (tab. de la fig. 6), et adresse une fiche de livraison (tab. annexe de la fig. 7) au chef d'équipe du matériel. Celui-ci satisfait à la demande, retient le bulletin (for-

S. O. n° _____

TOPEKA (KANSAS) _____ 190 _____

Chef d'équipe du matériel _____

Prière de remettre au contremaitre _____, près de la machine n° _____

le matériel ci-après : _____

Livré _____

Signé : _____, Contremaitre.

FIG. 7. — Fiche pour livraison de matières et de matériel (20 × 10).

mule 1071) pour son département et renvoie la fiche, visée, avec le matériel, qui est de suite dirigé vers l'ouvrier auquel est confié le travail; la fiche reçoit à ce moment le visa du contremaitre de l'atelier. Pour tout travail, le bulletin modèle 1071 est fait en triple copie : une pour le Magasin, une pour l'Atelier, et une pour

l'enregistrement sur un tableau dont nous parlerons par la suite.

Aussitôt le travail prêt, le contremaître de la division exécutante rédige, en trois exemplaires également, la formule 2012 (tabl. de la fig. 10, p. 214) : l'un des exemplaires est retenu par le département des Machines, les deux autres (dont l'original)

des Machines a rendu indispensable l'application rigoureuse du principe de centralisation. La Direction du Service est confiée au contremaître général des Machines qui, par le fait d'une excellente organisation, peut se rendre compte rapidement du lieu où le travail s'opère et de son degré d'avancement.

[illegible]

FIG. 8. — Feuille mensuelle de dépense comparée des combustibles (27 X 42).

sont envoyés au Magasin, avec le matériel terminé. A la livraison de ce matériel, le Magasin renvoie la copie aux ateliers comme preuve de la réception des articles envoyés. Le Magasin général

Un grand tableau enregistreur, recouvert d'une feuille de papier réglée et divisée en trois parties correspondant aux sections de l'Atelier, est placé dans l'endroit où se tient habituelle-

FORMULE 1065. SANTA-FÉ Magasin.	FORMULE 1065. SANTA-FÉ Magasin.	FORMULE 1065. SANTA-FÉ Magasin.	REG ^{on} Stock C.																																	
S. O. 190 ..	S. O. 190 ..	S. O. 190 ..																																		
Réquisition Magasin n° Au département mécanique : Prière : et de porter au compte pour le garde-magasin général, le matériel ci-dessous aussitôt terminé :	Réquisition Magasin n° Au garde-magasin général : Au vu de ceci, prière de fournir ce qui suit :	Réquisition Magasin n° Au département mécanique : Prière : et de porter au compte Stock C. pour le garde-magasin général, le matériel ci-dessous aussitôt terminé :																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">REG^{on} N°</th> <th style="width: 80%;"></th> <th style="width: 10%;">MONTANT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	REG ^{on} N°		MONTANT																																	
REG ^{on} N°		MONTANT																																		
NOTA. -- Ceci doit être remis avec le matériel.		Travail, mois de																																		
		Le département mécanique fera les demandes au Magasin pour le matériel nécessaire à cet ordre, en mentionnant le numéro de cet ordre pour chacun.																																		
		Garde-magasin : Au vu de ceci, prière de fournir	Travail Signé : NOTA. -- Ceci doit être remis avec le matériel.																																	

FIG. 9. — Ordre d'atelier (31 $\times$ 21).

est enfin avisé par une fiche supplémentaire (form. n° 1256, tabl. des fig. 11 et 11 bis, p. 214) des opérations faites.

La variété des travaux ⁽¹⁾ qui sont exécutés par le département

1) Signalons que pour chaque espèce de travail, il y a lieu de distinguer les travaux : pour le stock, pour usage immédiat, pour des stations éloignées.

ment le contremaître général des Machines. Chacune des parties de ce tableau est subdivisée en rectangles portant le numéro d'une machine-outil. Une carcasse métallique légère, formant autant de casiers qu'il y a de rectangles, vient s'appliquer sur la feuille de papier.

Quand un ordre d'atelier est transmis à un ouvrier selon la formule 1181 (tabl. de la fig. 12, p. 214), on inscrit la teneur de

TRAVAUX PUBLICS

CONSOLIDATION D'UN RADIER SOUS VOIE FERRÉE AU MOYEN DU BÉTON ARMÉ

[PLANCHE II]

Le troisième lot de la ligne métropolitaine n° 8 (Auteuil-Opéra) comprend avant la traversée de la Seine, en aval du pont Mirabeau, un passage sous la ligne électrique des Invalides à Versailles. Nous parlerons exclusivement ici de l'ouvrage construit en vue de la protection de la voie ferrée au droit de son croisement avec le Métropolitain.

L'emplacement des travaux est indiqué par le plan général (planche II, fig. 1) ; le profil en long (planche II, fig. 2) montre la structure du projet dans ses grandes lignes, savoir : traversée de la rivière à l'aide de cinq caissons, souterrain en tube aux extrémités des caissons pour la traversée des terrains aquifères formant les rives du fleuve.

Dans son projet de concours, l'entrepreneur avait prévu un bouclier pour la construction du souterrain en tube ; en cours d'exécution, il modifia ses prévisions et, par suite de la suppression du bouclier, il fallut songer à consolider la voie ferrée des Invalides par un ouvrage spécial permettant l'exécution du souterrain par les procédés ordinaires.

Le souterrain en tube (planche II, fig. 5) est formé par treize voussoirs en fonte assemblés à l'aide de boulons : sa construction peut se faire à l'aide d'un bouclier ou par la méthode ordinaire.

Voici en peu de mots la situation des lieux :

La voie ferrée, vers le pont Mirabeau (planche II, fig. 6) se trouve encaissée d'un côté par le mur de soutènement du quai de Javel (planche II, fig. 3), de l'autre (côté Seine) par un mur de garde (planche II, fig. 4) qui soutient la rampe d'accès du pont au pont : un radier sur pilotis relie ces deux murs.

L'étiage de la Seine au pont Mirabeau est à la cote 27.00 environ, les rails sont aux cotes 28.95 et 28.85 (la voie est en courbe) ; l'extrados et le radier du souterrain en tube du Métropolitain, projeté respectivement à 23^m,13 et 17^m,37, sont à l'intersection de l'axe du souterrain et de l'axe de la voie ferrée. La coupe géologique (planche II, fig. 6) montre que le terrain, composé de sables et de remblais, n'est pas des plus favorables, et qu'il serait imprudent d'engager une galerie sous le chemin de fer, sans consolidation préalable. Les sables s'éboulent très facilement, comme l'a montré la construction de la station « Rue de Javel » située plus loin.

Le renforcement de la plate-forme de la ligne des Invalides a été fait par la substitution d'un radier en béton armé au radier en maçonnerie existant dans la zone probable de dislocation des terrains, c'est-à-dire sur une largeur de 12^m,49 de part et d'autre de l'axe de la ligne métropolitaine (planche II, fig. 8).

A cet effet, sept piles descendues jusqu'au terrain solide à l'aide de caissons, dans l'épaisseur des murs d'enceinte de la voie ferrée (planche II, fig. 3, 4 et 8), servent de points d'appui à des poutres en béton armé posées parallèlement aux rails, et sont solidaires d'un hourdis nervé, également en béton armé, qui constitue un radier susceptible de supporter les efforts de flexion pouvant se produire au passage des trains, par suite du tassement des terres, pendant l'exécution du souterrain.

Nous allons indiquer les différentes phases du travail, en parlant succinctement des détails.

Les caissons (planche II, fig. 6), foncés à l'air comprimé, sont de forme rectangulaire (3^m,05 × 2^m,20) : la grande dimension est perpendiculaire à l'axe de la voie ferrée ; la chambre de travail mesure 2 mètres de hauteur. Au fur et à mesure du fonçage, des hausses en tôle de 6 mm. étaient ajoutées au-dessus de la chambre de travail, jusqu'au radier de la plate-forme du chemin de fer. Le fonçage a été arrêté à la cote 15^m,85 (ciel de la craie compacte), la chambre de travail bétonnée et le vide rectangulaire formé par les hausses maçonné. Ce fonçage a nécessité l'échancrure des murs d'enceinte jusqu'au niveau inférieur du radier (cote 27.20) ; du côté des terres, le parement de la fouille a été maintenu par un boisage jointif calé contre des madriers 20/20 posés horizontalement et prenant appui sur les murs (planche II, fig. 7). Un plancher établi à la hauteur de la rampe d'accès, et en saillie sur la plate-forme du chemin de fer, permettait de communiquer avec le sas à air comprimé qui, pendant toute la durée du fonçage, a été maintenu à cette hauteur.

Un caisson spécial, dit culasse d'appui (planche II, fig. 4), a été foncé dans le mur de garde de la rampe d'accès, côté Versailles, afin de servir de culée à l'un des arcs de décharge, exécutés pour maintenir le mur dans l'intervalle de deux caissons. Les autres caissons font office de piles ou de culées vis-à-vis des arcs de décharge. Le travail de fonçage n'a gêné en rien l'exploitation de la voie ferrée, les trains devaient seulement ralentir leur allure.

Ces points d'appui créés, on a procédé à l'établissement du radier en béton armé composé de :

1° Deux poutres maîtresses A et B (planche II, fig. 8, 9 et 11) en béton armé et fretté, posées parallèlement aux murs d'enceinte de la voie et reposant sur les piles-caissons ;

2° D'entretoises transversales reliant les poutres maîtresses et solidaires avec elles, espacées de deux mètres d'axe en axe ;

3° De longerons sous hourdis, placés dans l'axe des rails et réunissant les entretoises précédentes ;

4° D'un hourdis concave de 0^m,20 d'épaisseur remplissant le quadrillage formé par les entretoises et les longerons ;

5° D'une chape étanche recouvrant le hourdis.

Le béton est dosé à raison de 350 kg. de ciment Portland pour 400 litres de sable et 800 litres de gravillon ; les armatures sont composées de barres cylindriques, en acier doux ; le pourcentage du métal est très élevé, ce qui est une des caractéristique de l'ouvrage.

Nous dirons quelques mots sur chacune des parties du radier.

POUTRES MAÎTRESSES A et B (planche II, fig. 11, 16, 17 et 18 à 25). — Ces poutres ont une section de 2^m,00 × 0^m,75 ; celle qui est placée côté Seine mesure 36^m,25 de longueur, celle du côté quai : 32^m,80. Situées parallèlement à l'axe de la voie, une de leurs faces latérales est jointive avec les murs de garde ou de soutènement ; en plan, elles sont courbes. La poutre A repose sur 3 piles, tandis que la poutre B (côté Seine) repose sur quatre. Afin de les rendre solidaires des murs d'enceinte et éviter des efforts latéraux de déversement, elles sont munies, tous les 4 mètres, d'ergots ou talons (planche II, fig. 10), saillies de

1^m,00×1^m,00×1^m,00 encastrées dans l'épaisseur de ces murs. Les ergots sont en béton armé et dans le prolongement des entretoises. En ce qui concerne les armatures, les dessins de la planche II dispensent d'en parler longuement : remarquons simplement qu'un fretage existe dans les parties comprimées (armature supérieure; au milieu des travées, armature inférieure, au droit des appuis). Ce fretage est constitué par des spires de 0^m,42 de diamètre en acier rond de 10 mm. ; le pas est variable, mais en général de 70 mm.

ENTRETOISES (planche II, fig. 11 et 14). — Les entretoises se relient solidairement avec les poutres maitresses, leurs armatures s'ancrent avec celles de ces dernières. Leur hauteur, variable, passe par un minimum de 0^m,90 sur l'axe de la voie ferrée, pour atteindre 2 mètres au droit de l'encastrément avec les poutres maitresses : de ce fait, leur partie supérieure est longitudinalement concave. Elles ont 0^m,80 de largeur, 8^m,50 de portée, et sont espacées de 2 mètres d'axe en axe. Les armatures supérieures et inférieures se composent chacune de 16 barres de 36 mm. reliées par des étriers de 10 mm.

LONGERONS SOUS HOURDIS (planche II, fig. 12 et 15). — Ils sont placés dans l'axe des rails et mesurent 0^m,30/0^m,30 sous hourdis ; leur portée est 1^m,20. Ils ont pour but de soulager le hourdis en reportant directement les efforts transmis par les rails sur les entretoises. Les armatures supérieures et inférieures sont constituées par 9 barres de 12 mm., les étriers ont 9 et 6 mm.

HOURDIS (planche II, fig. 12 et 14). — Il a 0^m,20 d'épaisseur et remplit les rectangles formés par les entretoises et les longerons.

L'armature supérieure est constituée par des barres de 10 mm. formant un quadrillage dont le côté des carrés a 0^m,20 ; l'armature inférieure forme des carrés de 0^m,10 avec des barres de 10 mm. également ; les étriers réunissant ces deux armatures sont constitués des barres de 8 mm.

L'ancien radier en maçonnerie n'a pas été démolì, les tranchées nécessaires pour loger les entretoises, longerons et hourdis ont été creusées dans son épaisseur.

Par suite de la multitude des fers, l'exécution du bétonnage a demandé une main-d'œuvre et une surveillance spéciales. Le travail a été scindé, en ce qui concerne l'établissement de la plate-forme, en deux parties :

1^o Exécution de la demi-travée, côté Seine ; 2^o exécution de la demi-travée, côté quai de Javel. La circulation des trains a eu lieu sur voie unique aux abords de l'ouvrage : un service de pilotage avait été établi et a fonctionné pendant la durée des travaux : après achèvement de la demi-travée côté Seine, la voie a été ripée pour laisser libre l'autre demi-travée côté quai.

L'exploitation de la ligne n'a donc que très peu souffert ; l'exécution du souterrain en tube du Métropolitain pourra se faire sans crainte. C'est là un succès qui revient à ceux qui ont dirigé ce travail délicat.

A. PICHOT.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

LES APPLICATIONS RÉCENTES DES CONDENSATEURS INDUSTRIELS¹

(Suite et fin.)

EMPLOI DES CONDENSATEURS POUR RELEVER LE FACTEUR DE PUISSANCE DES RÉSEAUX A COURANTS ALTERNATIFS.

Tous les ingénieurs et industriels exploitant un réseau électrique à courants alternatifs connaissent l'influence néfaste, aussi bien au point de vue économique qu'au point de vue du bon fonctionnement de la distribution, d'un faible facteur de puissance. La puissance électrique utilisable dans un réseau à courants alternatifs est donnée par l'expression bien connue :

$$P = KUI \cos \varphi$$

K facteur numérique égal à 1 pour un réseau monophasé, à $\sqrt{3}$ pour un réseau triphasé. On voit facilement qu'à un mauvais facteur de puissance correspond une mauvaise utilisation du matériel générateur, partant un mauvais rendement financier, et qu'inversement un facteur de puissance élevé permet d'utiliser le matériel dans de bonnes conditions et d'améliorer proportionnellement les bénéfices.

Un alternateur débitant 1 000 ampères, avec un facteur de puissance $\cos \varphi$ égal à 0,80, fournit une énergie inférieure de 20 % à celle qui serait utilisable si le facteur de puissance était égal à l'unité (la tension aux bornes restant la même) et en outre il faut lui assurer un courant d'excitation plus considérable, ce qui représente une dépense supplémentaire.

On peut affirmer sans exagération que la certitude pour un exploitant d'avoir un décalage nul ou voisin de zéro sur son

réseau, lui permettrait de réaliser une économie de 15 à 20 % sur son matériel générateur, ou avec un même matériel de fournir un supplément très appréciable d'énergie.

Ce ne sont d'ailleurs pas là les seuls inconvénients résultant de la faiblesse du facteur de puissance. Dans bon nombre de réseaux, de secteurs de distribution, il arrive que pendant la majeure partie de la journée l'on n'a pas autre chose à fournir, ou peu s'en faut, que l'excitation des transformateurs abaisseurs alimentant les récepteurs ; le courant débité est alors uniquement du courant magnétisant (ou déwatté) qui ne sert qu'à assurer l'aimantation du circuit magnétique de ces appareils, sans correspondre à aucune énergie utilisable. Il exige cependant la mise en route de grosses unités, qui fonctionnent alors à faible charge et ont un rendement déplorable. La consommation de charbon est excessive pour l'énergie récupérée, et les dépenses d'entretien et de graissage sont sensiblement les mêmes que si les génératrices fonctionnaient à pleine charge : le rendement économique est donc très mauvais.

Ces quelques brèves explications, bien connues des électriciens, nous dispensent d'insister sur les recherches faites depuis de longues années par les techniciens pour trouver un procédé à la fois pratique et économique d'amélioration du facteur de puissance d'un réseau. Deux solutions ont été proposées : l'une consiste à monter en parallèle avec les récepteurs un ou plusieurs moteurs synchrones, que l'on surexcite de façon à décaler le courant qu'ils absorbent en avant de la tension aux bornes. Ils restituent alors au réseau une partie du courant déwatté, et le facteur de puissance est amélioré d'autant. La deuxième solution

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 3, p. 147.

Fig. 1. Plan général

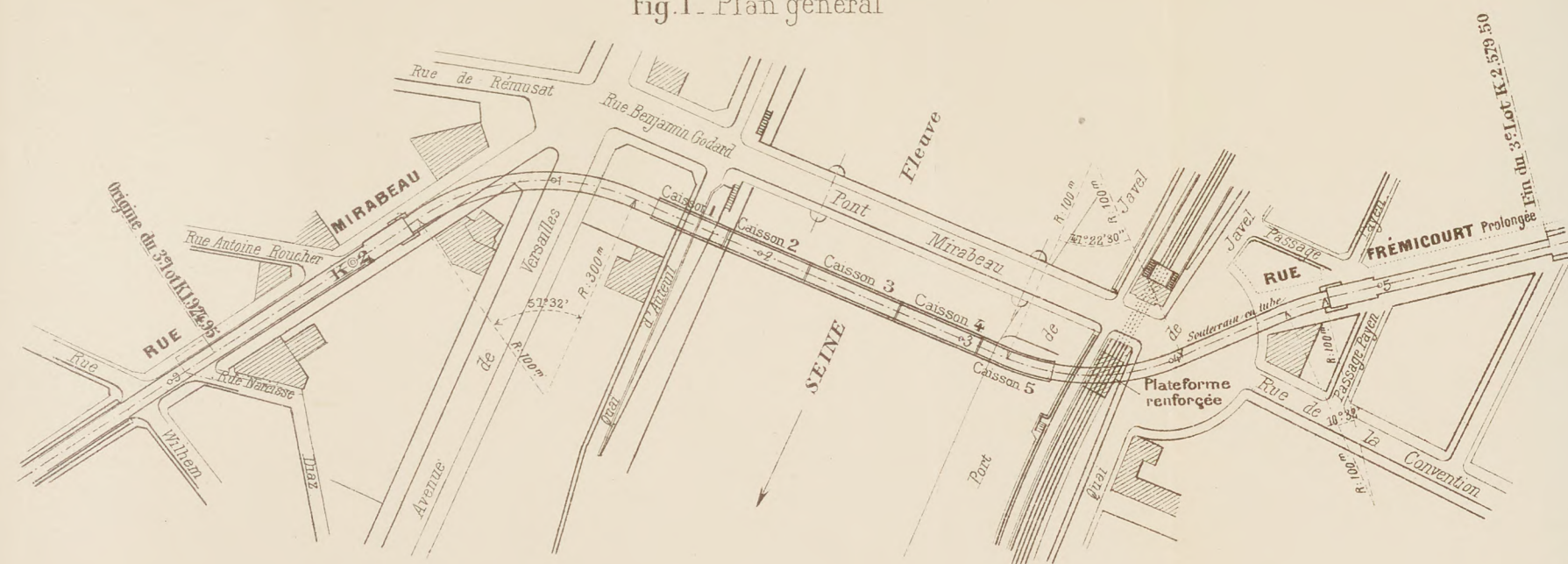


Fig. 2. Profil longitudinal

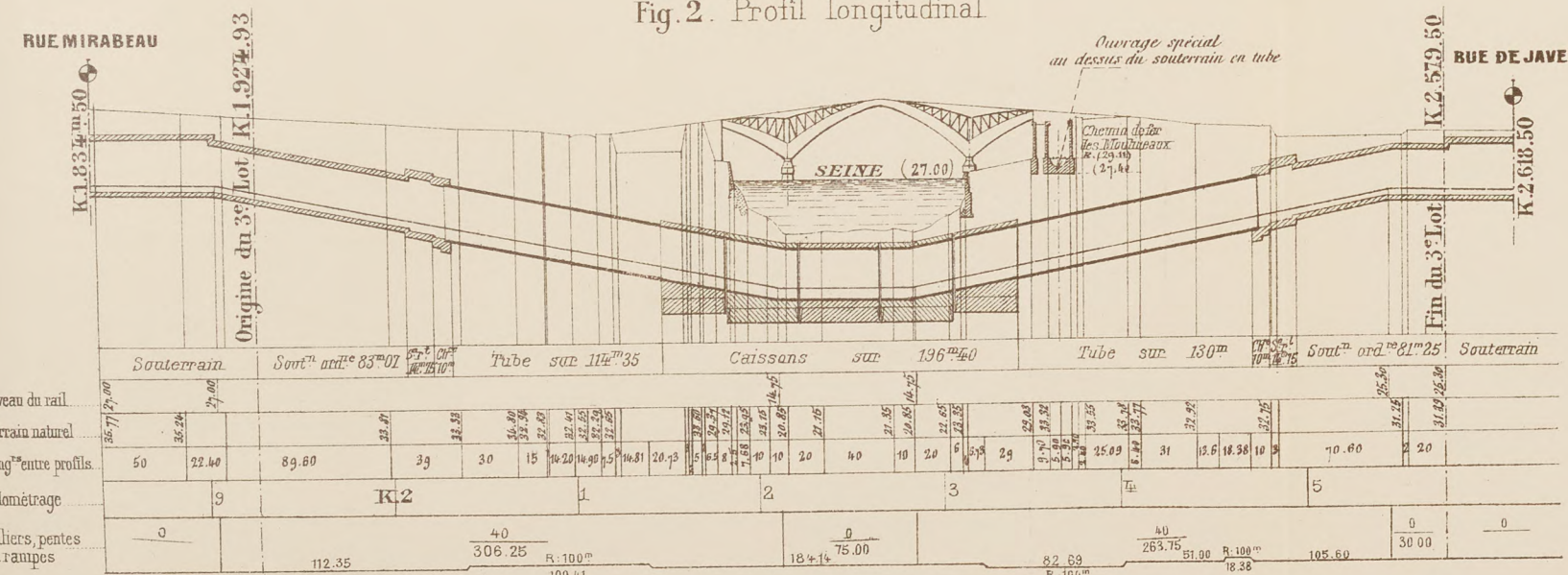


Fig. 16. Poutre A

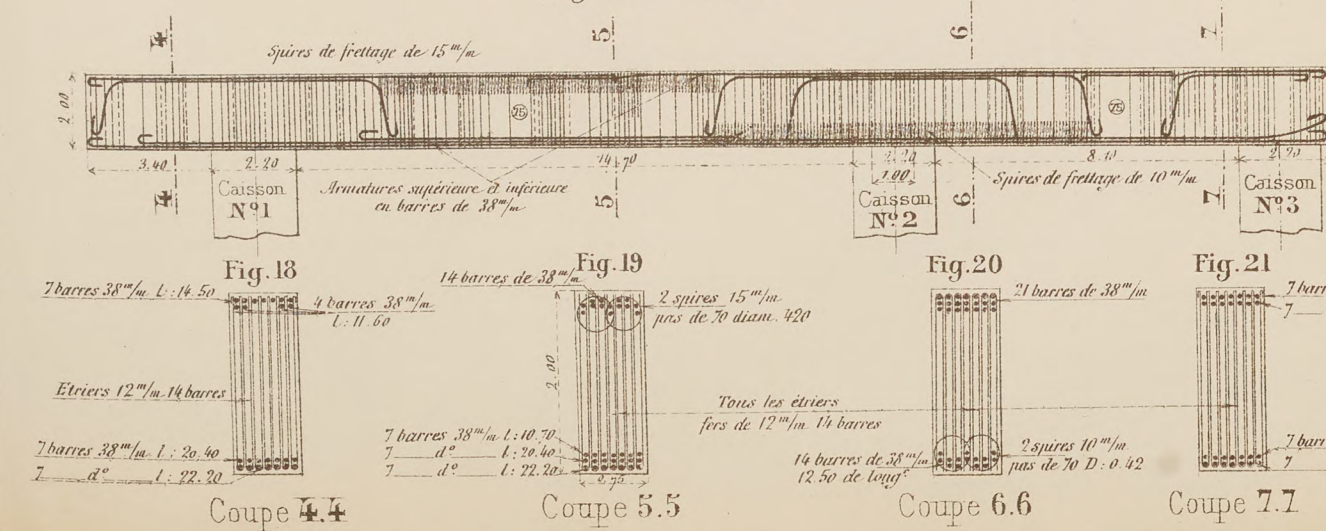


Fig. 17. Poutre B

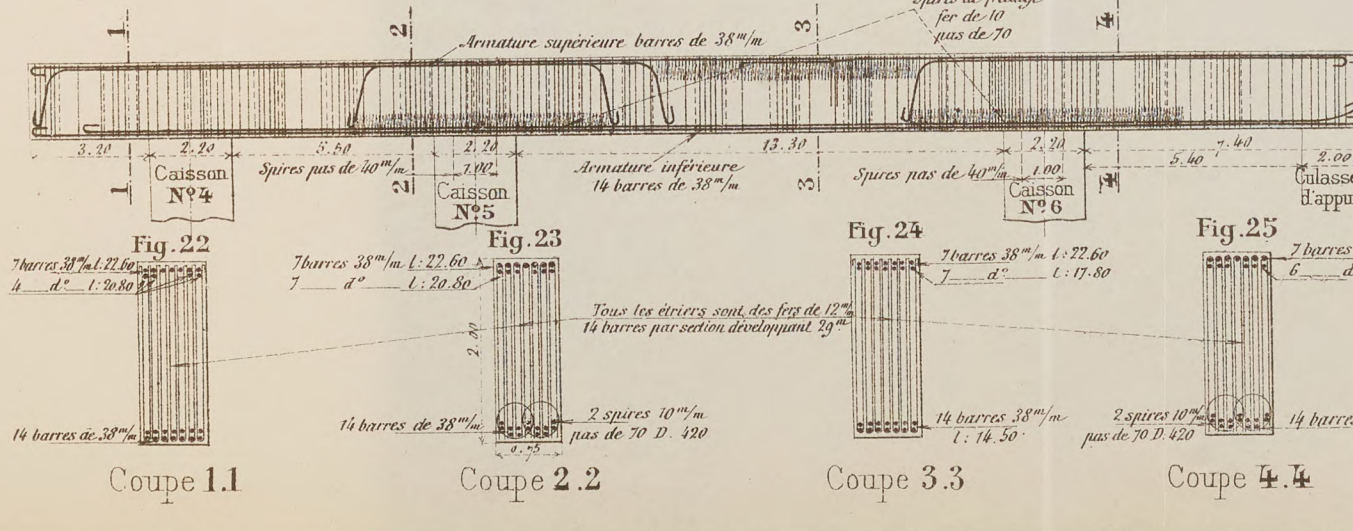


Fig. 3. Mur de soutènement (Côté du quai de Javel)

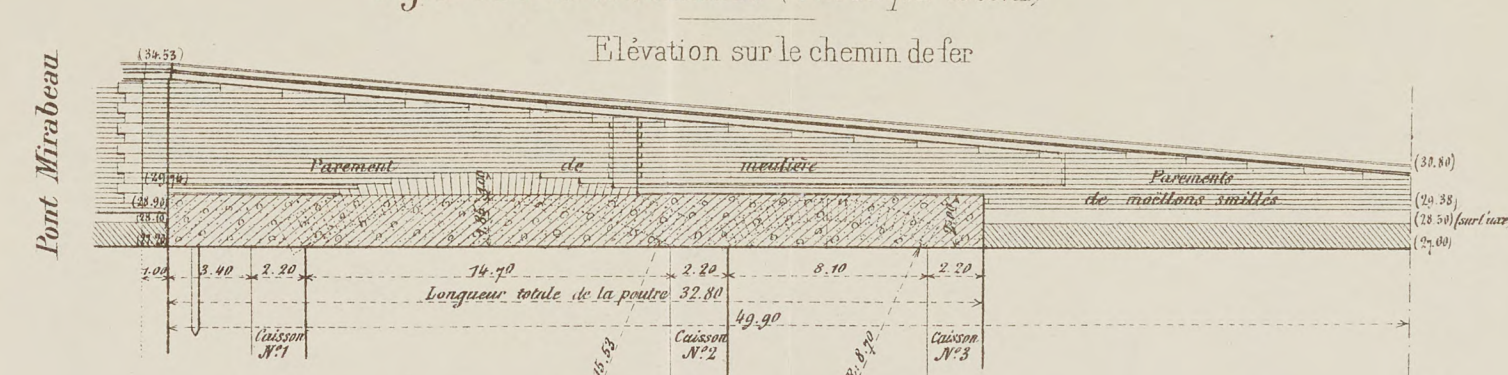


Fig. 4. Mur de garde (Côté de la Seine)

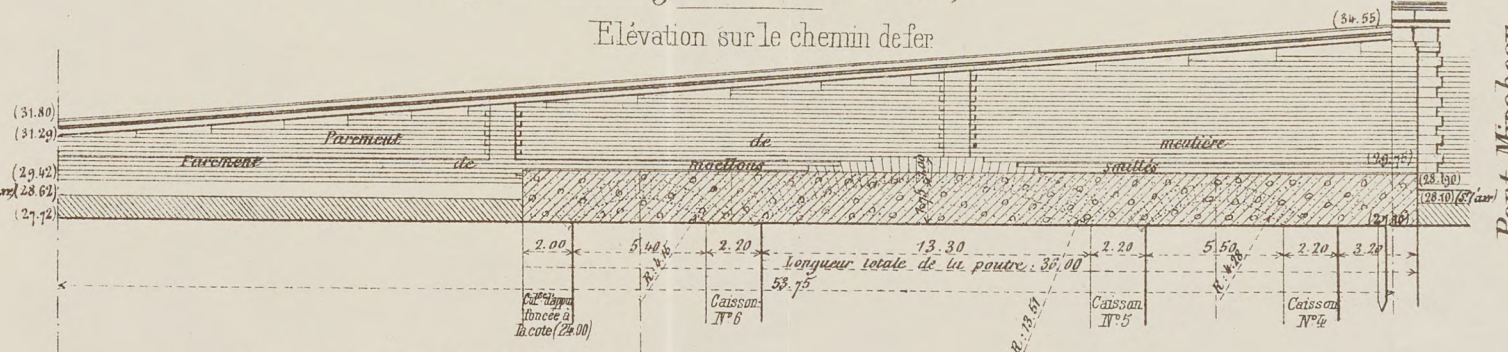


Fig. 5. Ensemble de l'ouvrage

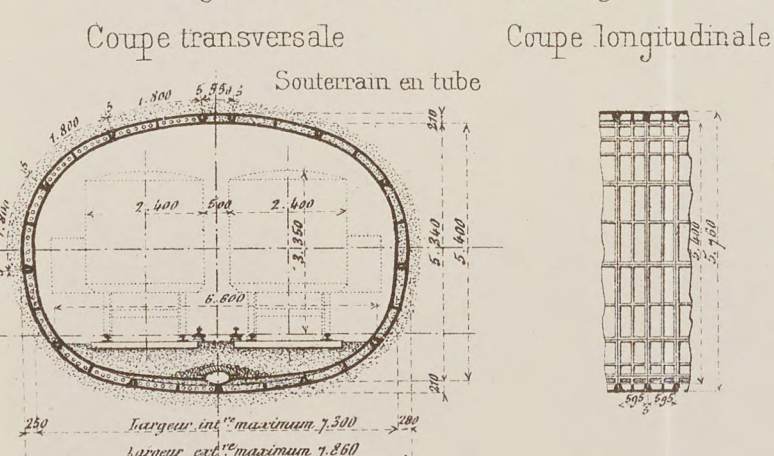


Fig. 14. Coupe EF

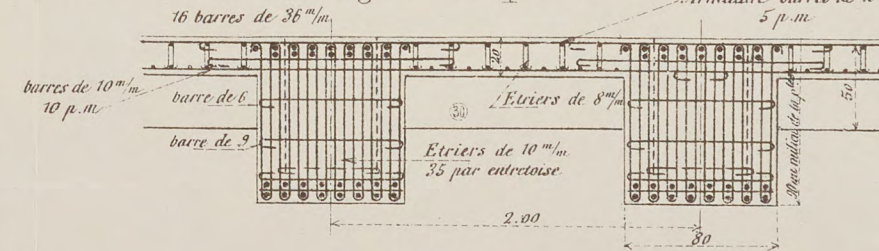


Fig. 15. Coupe GH

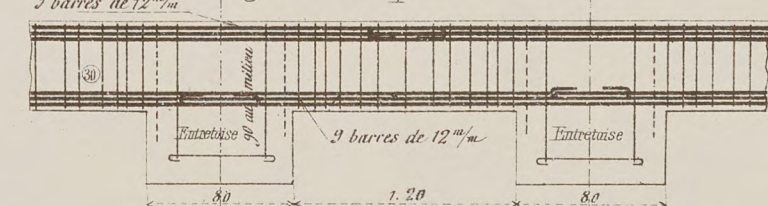


Fig. 6. Coupe transversale sur les caissons

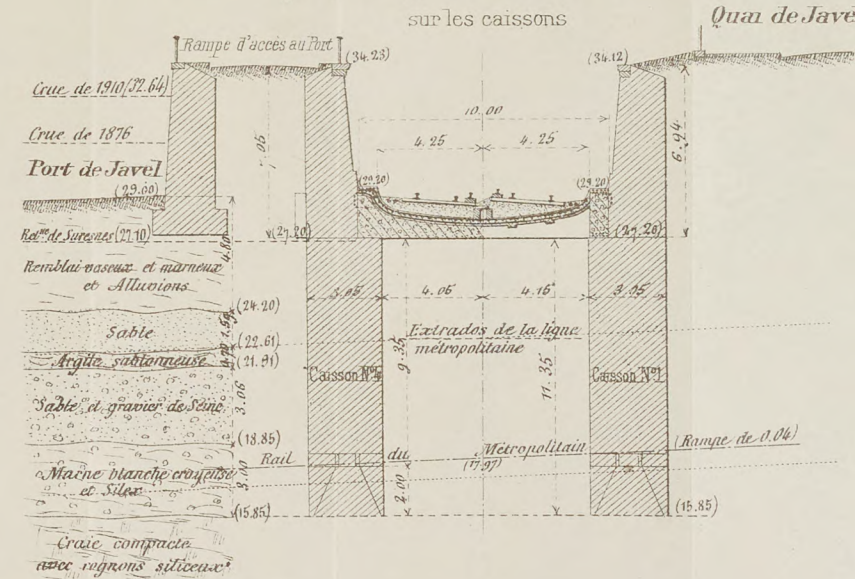
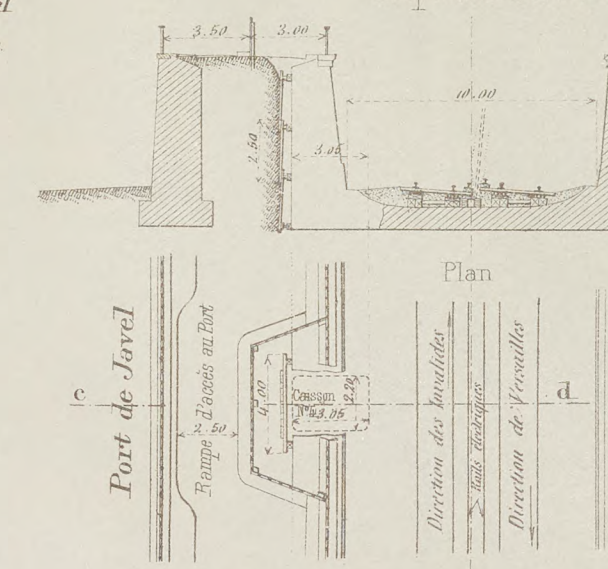


Fig. 7. Installation d'un caisson Coupe suivant cd



Renforcement de la plateforme située au-dessus de la ligne métropolitaine N° 8 aux abords du Pont Mirabeau.

Fig. 8. Plan

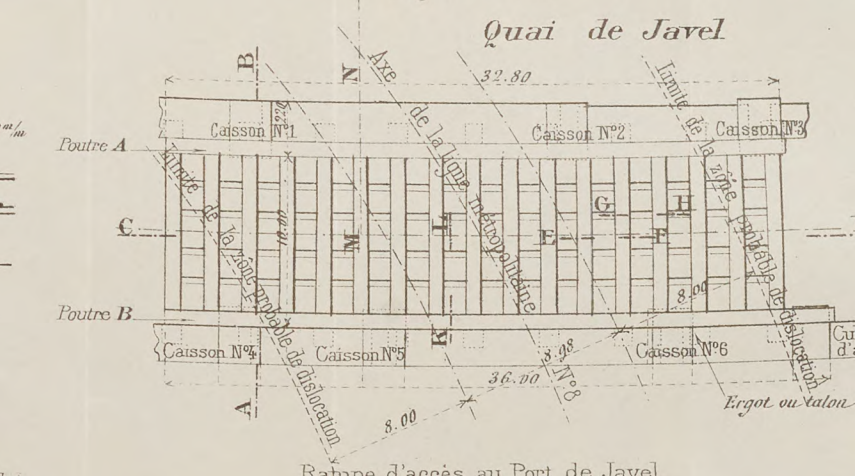


Fig. 9. Coupe AB

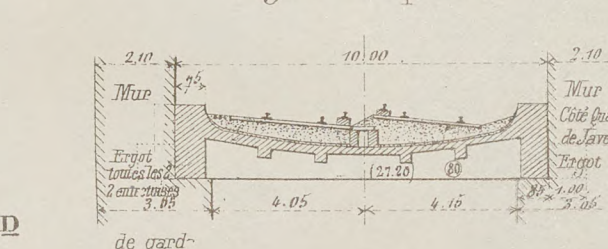


Fig. 10. Coupe d'un talon ou ergot

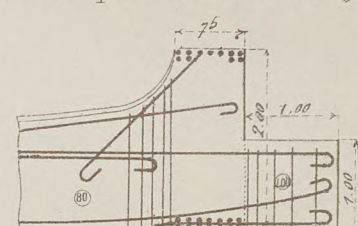


Fig. 13. Coupe CD

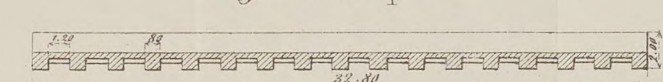


Fig. 11. Coupe AN

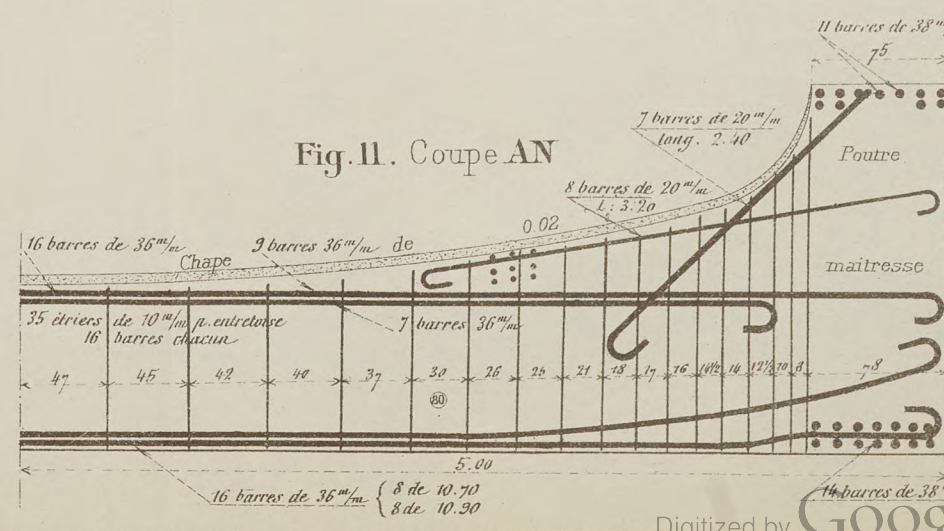
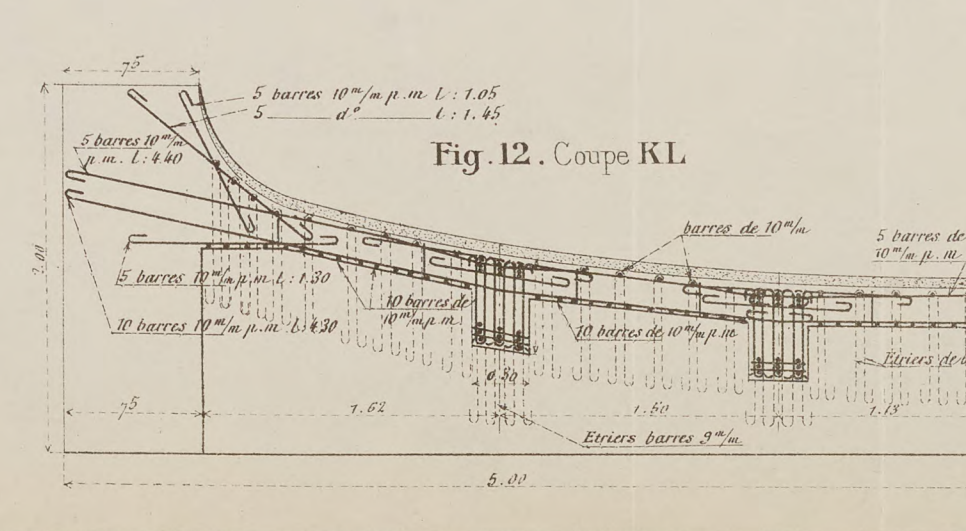


Fig. 12. Coupe KL



consiste à employer des condensateurs qui, jouissant de la propriété de décaler le courant qui les traverse en avant de la tension, peuvent rendre le même service.

Un réseau absorbant un courant I , sous une tension aux bornes U , avec un facteur de puissance médiocre, $\cos \varphi$ (fig. 9), montons en parallèle avec les récepteurs un moteur synchrone que nous surexcitons de façon à décaler le courant I' qu'il absorbe d'un angle φ' en avant de la tension. On voit que les courants déwattés I_d et I'_d correspondant au réseau et au moteur synchrone vont s'ajouter géométriquement pour donner un courant déwatté résultant I''_d beaucoup plus faible que I_d . Le courant total I'' est

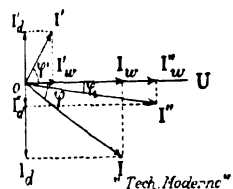


FIG. 9. — Induction d'un moteur synchrone surexcité sur le fonctionnement d'une installation à courants alternatifs.

sensiblement le même que précédemment, mais son décalage φ'' sur la tension aux bornes est beaucoup plus faible.

Une batterie de condensateurs branchée en parallèle sur le réseau produit exactement le même effet. Il suffit simplement de choisir sa capacité de façon que l'angle de décalage résultant, dont la tangente trigonométrique est alors donnée par la formule bien connue :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{I}{R} \frac{\Omega - \frac{1}{C\Omega}}$$

soit réduit dans le rapport voulu. Elle a en outre l'avantage appréciable d'atténuer les harmoniques qui peuvent provenir d'une courbe de tension défectueuse, et seront d'autant mieux absorbées que leur ordre est plus élevé.

C'est là incontestablement l'application la plus intéressante des condensateurs industriels, mais il faut malheureusement constater que si, l'on a fait de nombreuses tentatives dans cette voie, les résultats ont été à peu près nuls, et cela, parce que les condensateurs que l'on a construits jusqu'à présent, qu'ils soient au verre ou au papier, ont une capacité trop faible, beaucoup trop faible pour que l'on puisse songer à les utiliser comme compensateurs de courant déwatté. Un exemple numérique simple nous permettra d'ailleurs de le montrer.

Une installation réceptrice triphasée de 450 kw., 50 périodes, fonctionne sous une tension de 3 000 volts entre fils, avec un facteur de puissance uniforme :

$$\cos \varphi = 0,90,$$

les trois phases étant également chargées.

Proposons-nous de calculer la capacité d'une batterie destinée à ramener dans chaque phase le facteur de puissance à l'unité, ainsi que le prix approximatif d'une telle batterie.

Le courant watté absorbé par les récepteurs est :

$$I_w = I \cos \varphi = 87 \text{ ampères}$$

et le courant déwatté :

$$I_d = I \sin \varphi = 43 \text{ ampères.}$$

FIG. 10. — Emploi de condensateur pour relever le facteur de puissance d'une installation réceptrice triphasée.

Nous devons monter en parallèle sur chacune des phases (fig. 10) une batterie de condensateurs, dont la capacité C est déterminée par la condition :

$$I_d = \frac{n}{\frac{1}{C\Omega}}$$

u étant la tension simple, Ω la pulsation du courant. Nous en déduisons :

$$C = \frac{I_d}{\Omega u} = \frac{I_d}{\Omega \frac{U}{\sqrt{3}}}$$

U tension composée) :

$$\begin{aligned} &= \frac{43 \cdot \sqrt{3}}{314 \cdot 3\,000}, \\ &= \frac{79}{10^6} \text{ farads,} \\ &= 79 \text{ microfarads.} \end{aligned}$$

Or, un condensateur au papier (1) de 0,05 microfarad à 3 000 volts coûte 160 francs. Le microfarad revient donc à 3 200 francs et la batterie nécessaire pour une phase coûterait :

$$3\,200 \cdot 79 = 252\,800 \text{ francs.}$$

Cela se passe de commentaires !

Ce simple exemple nous montre nettement que le relevement du facteur de puissance d'un réseau au moyen des condensateurs est impossible pratiquement. Est-ce à dire pour cela qu'il faille considérer cette question comme enterrée définitivement ? Loin de nous cette affirmation par trop catégorique, et nous estimons au contraire que les recherches doivent continuer, surtout, semble-t-il, du côté des condensateurs au papier qui sont plus économiques et plus robustes que les condensateurs à tube de verre. La compensation du courant déwatté est en effet un très gros problème industriel, que l'emploi des moteurs synchrones surexcités ne résout que d'une façon provisoire, pour des raisons d'ordre économique faciles à concevoir (2).

Applications spéciales.

DÉMARRAGE DES MOTEURS SYNCHRONES MONOPHASES.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — RAYONS X.

Nous ne nous étendrons pas longuement sur ces applications, fort intéressantes d'ailleurs, car nous sortirions du domaine purement industriel qui forme le fond de cet article et que nous nous sommes imposé. Le démarrage des moteurs synchrones monophasés en asynchrones diphasés peut seul être rattaché directement à notre sujet, mais il est bien connu de tous les électriciens. D'autre part, l'emploi des moteurs synchrones monophasés est tellement restreint aujourd'hui, que nous nous contenterons seulement de citer ce mode d'emploi spécial des condensateurs.

(1) Nous prenons les condensateurs au papier qui sont meilleur marché.

(2) Nous devons signaler cependant qu'en élevant la tension à l'aide d'un transformateur sur le secondaire duquel on monte les condensateurs, on diminue notablement la capacité nécessaire. Reprenons en effet l'exemple précédent, mais élevons la tension à 18 000 volts, nous aurons pour valeur de la capacité (pour chaque phase) :

$$\begin{aligned} C &= \frac{7,15 \sqrt{3}}{314 \cdot 18\,000} = \frac{2,2}{10^6} \text{ farads,} \\ &= 2,2 \text{ microfarads.} \end{aligned}$$

Un condensateur de 0,05 microfarad à 18 000 volts coûtant 300 francs, le microfarad revient à 6 000 francs, et la batterie nécessaire à 13 200 francs, soit 40 000 francs pour l'ensemble de l'installation. En y ajoutant le prix du transformateur triphasé nécessaire, 2 500 francs environ, on voit que les conditions sont cette fois toutes différentes, et que le problème n'est plus insoluble. Nous ne connaissons pas d'exemple où pareille solution ait été appliquée, mais nous croyons devoir la signaler comme particulièrement intéressante, car son adoption semble devoir faire rentrer le problème de l'amélioration du facteur de puissance dans le domaine de la réalité.

L'utilisation des condensateurs en télégraphie sans fil et pour la production des rayons X est beaucoup plus courante, aussi en dirons-nous quelques mots.

Tous les spécialistes connaissent bien les procédés actuellement appliqués pour la transmission des ondes hertziennes, procédés qui nécessitent l'emploi d'une décharge isolée de condensateur. Deux dispositifs sont surtout employés : celui de Tesla et celui de Oudin. Dans le premier, on constitue un circuit excitateur au moyen d'un condensateur C (fig. 11), de quelques spires S et d'un éclateur monté sur un circuit haute tension, qui agissent par induction sur le circuit de l'antenne. On obtient la mise en résonance des deux circuits en intercalant dans le circuit de

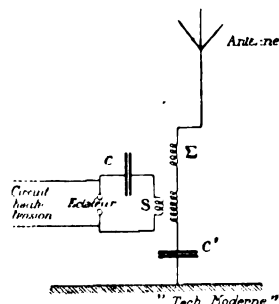


FIG. 11. — Dispositif de Tesla pour la production des ondes hertziennes.

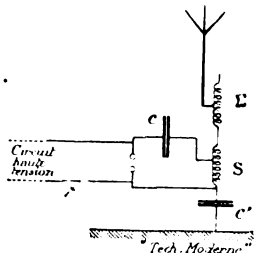


FIG. 12. — Dispositif de Oudin pour la production des ondes hertziennes.

l'antenne une self-induction Σ ou un condensateur C' , pour allonger ou raccourcir sa propre pulsation.

Dans le montage Oudin (fig. 12), qui est plus fréquemment usité, le circuit excitateur agit sur celui de l'antenne par dérivation. Les condensateurs au verre ou au papier conviennent également bien pour la télégraphie sans fil; les capacités nécessaires n'étant jamais élevées, les constructeurs ne se sont heurtés ici qu'à une seule difficulté, aujourd'hui résolue : obtenir un isolement suffisant, les tensions entrant en jeu étant très élevées.

Nous avons indiqué précédemment que les condensateurs actuels étaient capables de résister aux tensions de 20 000 volts et plus; aussi peut-on considérer que la majorité des condensateurs modernes sont très satisfaisants au point de vue de la télégraphie sans fil. En donner une description succincte, même en nous limitant aux principaux types, nous entraînerait trop loin, aussi nous contenterons-nous de signaler, en dehors des appareils de la Société des condensateurs de Fribourg, et de la maison Berthoud, Borel et C^{ie}, de Lyon, les condensateurs au papier de la Polyfrequenz Electricitäts Gesellschaft, les condensateurs au mica von Lepel, etc.

Ces mêmes condensateurs sont aussi employés couramment pour la production des rayons X utilisés en radiographie et électrothérapie. A l'origine, on produisait les rayons X à l'aide de la classique bobine de Ruhmkorff, mais les ondes n'étant pas régulières, on a vite abandonné ce procédé, ainsi que tous ceux qui auraient pu être basés sur l'emploi des machines statiques, pour utiliser uniquement les courants alternatifs redressés au moyen de soupapes montées en Pont de Wheatstone. Les courants que l'on obtient ainsi étant simplement redressés, on place une batterie de condensateurs en dérivation sur l'ampoule de Röntgen (fig. 13), de façon à obtenir une régularisation aussi parfaite que possible de la différence de potentiel.

Une batterie de quelques millièmes de microfarad suffit amplement pour cela.

En définitive, au point de vue industriel, deux applications doivent retenir notre attention : la protection des installations contre les surtensions et le relèvement du facteur de puissance des réseaux à courants alternatifs. La première a reçu une solution satisfaisante pour les réseaux dont le voltage normal ne dépasse pas 20 000 à 25 000 volts. Toutefois, la nécessité où l'on se trouve d'adjoindre aux condensateurs des bobines de self-induction contre ces charges statiques et le prix relativement élevé des batteries font qu'on leur préfère, en général, les parafoudres ordinaires, les parafoudres à jet d'eau notamment. Les condensateurs nous paraissent cependant désignés dans le cas des réseaux à basse tension (moins de 6 000 à 7 000 volts), le réglage des parafoudres étant alors très difficile.

Quant au relèvement du facteur de puissance, qui constitue l'application la plus intéressante des condensateurs, il n'entrera vraiment dans le domaine pratique que le jour où l'on pourra construire économiquement les appareils à grande capacité, ce qui malheureusement est encore et pour longtemps peut-être dans le domaine des projets à longue échéance, à moins que l'on ne prenne en considération la solution que nous indiquons plus haut, et qui consiste à élever la tension à l'aide d'un transformateur.

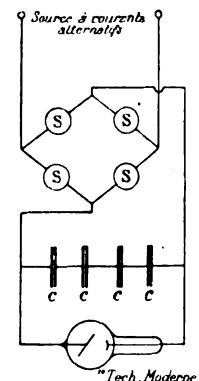


FIG. 13. — Montage d'une batterie de condensateurs en parallèle avec une ampoule de Röntgen pour la production des rayons X.

G. FERROUX,

Ingénieur électricien,
Professeur à l'Institut électrotechnique
de l'Université de Grenoble.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

GROUPES ÉLECTROGÈNES AUTOMOBILES ET PROJECTEURS ÉLECTRIQUES

Le développement et l'importance considérables que la locomotion automobile a acquis dans notre vie sociale et économique, suggèrent chaque jour des modes d'utilisation nouveaux pour satisfaire aux besoins qui surgissent des conditions changeantes de l'activité moderne. C'est ainsi que l'industrie automobile a d'abord créé les différentes catégories de « poids lourds », qui ont apporté des solutions neuves aux problèmes du transport en commun pour les voyageurs et du transport à grande capacité de chargement pour les marchandises. On a été amené, depuis, à envisager l'automobile comme une usine de force motrice,

susceptible d'un déplacement assez rapide, et dont il s'agit de rendre utilisable, en dehors du véhicule, l'énergie disponible pendant le stationnement.

À côté des projecteurs militaires automobiles, qui feront l'objet, dans le présent exposé, de considérations spéciales, l'électricité est naturellement indiquée comme agent de transmission pour amener à pied d'œuvre, sous la forme la plus commode, l'énergie produite sous forme mécanique par le moteur de la voiture.

L'électricité permet, en effet, de restituer cette énergie aussi

bien en puissance mécanique, s'il s'agit d'actionner un atelier volant, que sous forme de lumière, s'il s'agit d'installer un éclairage de fortune. Des dispositifs sont également à l'étude pour constituer, d'après ces principes, des usines automobiles stérilisatrices d'eau potable, utilisant les procédés, récemment mis au point, qui s'inspirent des propriétés des radiations ultraviolettes émises par les lampes à vapeur de mercure.

Il n'est pas douteux qu'une telle voiture électrogène automobile pourrait rendre de grands services aux entreprises de travaux publics pour l'éclairage pendant la nuit des travaux urgents : réparation de route, d'ouvrages d'art, etc. On commence à concevoir, d'autre part, les avantages qu'il y aurait à posséder, grâce à un tel engin, la lumière et la force motrice nécessaires, par exemple à un parc d'aviation installé provisoirement, pour les besoins de la cause, quelquefois loin d'un centre industriel.

En vue de cette utilisation comme usine ambulante d'énergie, des types nouveaux de poids lourds ont commencé à naître. Ils sont constitués, en principe, d'un châssis d'automobile ordinaire portant, outre le moteur, une dynamo dont l'induit, calé sur l'arbre de ce dernier, lui tient lieu de volant ; ceci, bien entendu, sans préjudice de l'embrayage et du changement de vitesse inhérent à tout véhicule automobile à essence.

Le moteur à explosion est en effet dénué, dans la limite de ses allures utilisables, de la qualité connue sous le nom d'« élasticité de puissance » ; et nous demandons la permission, pour la clarté de ce qui suivra, de rappeler brièvement ses propriétés à ce point de vue. Si donc l'on désigne par C le couple moteur, par n le nombre de tours par seconde et par $\mathcal{P}$ la puissance en kilogrammètres-seconde :

$$\mathcal{P} = 2\pi n C.$$

Or, C , entre les limites des allures correspondant à un fonctionnement satisfaisant du moteur, est très peu variable.

En effet, pour une ouverture donnée du papillon ou du tiroir d'ar-

rivée des gaz, et en particulier pour l'ouverture maximum qui donne, toutes choses égales d'ailleurs, l'indice de compression maximum et par suite le meilleur rendement thermique, la courbe du couple en fonction de la vitesse est analogue à la courbe I (fig. 1), pour un moteur dont la vitesse moyenne de régime est voisine de 1 200 tours à la minute.

On ne peut donc guère tourner au-dessous de 1 000 t./m., car alors la moindre augmentation du couple résistant causant un ralentissement de vitesse d'une part, et le couple n'augmentant plus que dans une proportion insignifiante pour les vitesses décroissantes au-dessous de 1 000 t./m., d'autre part, le moteur ne pourra plus retrouver une vitesse pour laquelle le couple moteur fasse équilibre au couple résistant, et « calera ».

Le moteur atteint son maximum de puissance pour une vitesse de 1 500 t./m. environ (courbe II de la fig. 1). Il n'y a pas lieu de rechercher une allure de régime supérieure pour des raisons de résistance des pièces d'abord, et ensuite parce qu'à ces vitesses d'« emballement » l'admission d'essence devient vite hors de proportion avec l'admission d'air, la compression baisse rapidement, causes qui entraînent une consommation exa-

gérée en même temps que des « ratés » de plus en plus nombreux.

C'est donc dans les limites de puissance assez resserrées qui correspondent aux deux limites de vitesses de 1 000 à 1 500 t./m. environ, qu'il faut utiliser le moteur.

Ceci posé, dans un véhicule à traction mécanique, si r est, en centimètres, le rayon des roues motrices, F l'effort nécessaire à la jante de ces roues, et k la démultiplication globale depuis l'arbre du moteur jusqu'à l'arbre des roues, le couple résistant à vaincre sera (rapporté à l'arbre du moteur) :

$$C' = 2F \cdot \frac{r}{100} \cdot \frac{1}{k}.$$

Pour que le véhicule avance, il faut que l'on ait :

$$C \geq C' = 2F \cdot \frac{r}{100} \cdot \frac{1}{k}.$$

Or, l'effort de traction nécessaire F , qui n'est, en palier, que la somme f de la résistance de l'air, de la résistance au roulement, etc., devient sur une pente d'angle α , pour un véhicule de poids P :

$$F = f + P \sin \alpha.$$

Même pour des valeurs faibles de α , le deuxième terme de cette somme prend vite une importance prépondérante.

Pour maintenir l'égalité :

$$C = 2F \cdot \frac{r}{100} \cdot \frac{1}{k}.$$

il est donc nécessaire de pouvoir changer k , seul facteur dont on dispose. C'est le but du changement de vitesse. Mais il est clair que l'on ne peut disposer, dans une boîte de vitesses, que d'un nombre restreint (généralement 4) de pignons de démultiplication réalisant autant de valeurs de k , alors que α peut prendre toutes les valeurs. Donc, pour une même ouverture de l'admission des gaz, C ne sera presque jamais égal à :

$$2F \cdot \frac{r}{100} \cdot \frac{1}{k}.$$

On y remédie pratiquement en faisant varier l'ouverture du tiroir ou papillon des gaz, ce qui entraîne un trouble de la carburation. Les carburateurs dits « à réglage automatique » sont faits pour remédier à ce trouble.

Une voiture automobile électrique comporte, outre le moteur, une dynamo capable de transmettre, sous forme électrique, la puissance mécanique du moteur, c'est-à-dire de transmettre cette puissance sous la forme du produit des deux facteurs :

I, intensité du courant débité ;

U, tension aux bornes de la dynamo.

En réalité, $U \times I = \rho \mathcal{P}$, ρ étant le rendement de la machine.

On voit que l'on peut, pour une même valeur de P , faire varier U et I en sens inverse. On peut concevoir cette variation simultanée, à puissance constante, du courant et de la tension électriques, comme analogue au changement de vitesse d'une transmission mécanique où l'on a :

$$\mathcal{P} = 2\pi Cn = 2\pi C'n' = 2\pi C''n''.$$

Mais l'analogie est plus complète encore. Si l'on utilise, en effet, cette puissance électrique $P = U \cdot I$ dans un ou plusieurs moteurs électriques pour leur faire produire un travail mécanique, on peut admettre, en première approximation et dans le cas d'un champ inducteur du moteur constant, que :

1° La vitesse angulaire du moteur électrique varie comme la tension appliquée à ses bornes ;

2° Son couple moteur varie comme le courant qu'il absorbe.

Il faut joindre à cela ce fait que le moteur électrique absorbe

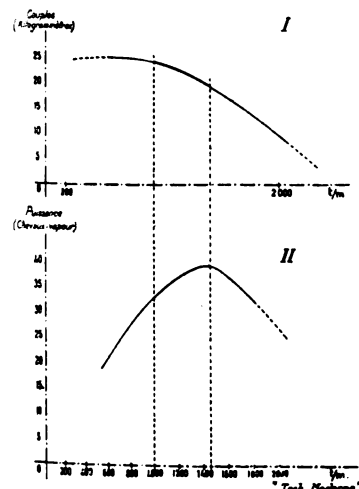


FIG. 1. — I. Courbe représentant la variation du couple-moteur, en mètres-kilogrammes, en fonction de la vitesse en tours-minutes. II. Courbe représentant la variation de la puissance, en chevaux-vapeur, en fonction de la vitesse en tours-minutes.

automatiquement l'intensité de courant qui lui est nécessaire pour rendre son couple moteur égal au couple résistant qui provient de la charge imposée. S'il s'agit, de plus, d'un moteur à excitation série et dont le circuit magnétique est assez peu saturé, son couple moteur augmentera beaucoup plus rapidement (la vitesse décroissant en proportion) que l'intensité du courant qu'il absorbe.

On est ainsi amené à concevoir qu'un ensemble de dynamos génératrices et motrices, transmettant la puissance mécanique aux roues d'un véhicule par l'intermédiaire de l'énergie électrique, peut constituer un « changement de vitesse électrique » remplissant le même but que le changement de vitesse mécanique, avec, en plus, cet avantage d'être susceptible d'une continuité absolue. On peut donc songer à munir d'un tel dispositif une voiture auto-

mobile électrogène qui, par destination, porte déjà la source d'électricité nécessaire. Toutefois, un système de cette nature ne présente un intérêt certain que s'il réalise le changement de vitesse non seulement progressif, mais automatique et si, autant que possible, il ne comporte que des connexions simples et fixes. En un mot s'il offre un réel progrès dans la commodité de la manœuvre et des chances très réduites de dérangements.

La solution de cette deuxième partie du problème réside évidemment dans une organisation de la dynamo génératrice telle, que la tension qu'elle développe à ses bornes varie automatiquement en raison inverse du courant qu'elle débite.

(A suivre.)

A. ROUSSEL,
Capitaine d'Artillerie,
Ancien Élève de l'École Polytechnique.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

FONCTIONNEMENT INTERNE DES GÉNÉRATEURS DE VAPEUR¹

(Suite.)

TRAVAIL NÉCESSAIRE POUR PRODUIRE LA CIRCULATION. — Il est clair que l'énergie dépensée pour produire la circulation provient de la source de chaleur. Il est bon de remarquer qu'elle est dépensée de toute façon, qu'il y ait ou non circulation, et quel que soit le mode d'ébullition, par grosses poches de vapeur, ou par petites bulles.

En effet, lorsqu'une bulle se forme au contact d'une paroi, elle est obligée, tant qu'elle reste attachée à cette paroi ou qu'elle augmente de volume, de déplacer une quantité d'eau de même volume qu'elle. Elle élève donc le centre de gravité de la masse d'eau et par suite le niveau. C'est ce que les chauffeurs appellent le *gonflement de l'eau*, d'autant plus facile à remarquer, lorsqu'on provoque l'ébullition en ouvrant la prise de vapeur, que le générateur renferme un moindre volume d'eau par rapport à la quantité de vapeur produite dans l'unité de temps.

A ce moment de sa formation, la bulle déplace d'ailleurs l'eau dans tous les sens, en raison inverse des résistances que l'eau éprouve à se mouvoir dans les diverses directions; elle acquiert, en même temps, une certaine quantité d'énergie potentielle, qui va lui permettre de gagner la surface libre.

Cette quantité d'énergie mesure le travail des résistances de toutes sortes que la bulle éprouve pour s'élever vers le réservoir de vapeur. Elle est toujours dépensée, qu'il y ait ou non circulation, mais dans le premier cas elle est dépensée en remous, sans aucun profit, et dans le second, elle est employée en totalité à un travail utile, — si on néglige la condensation partielle possible de la bulle pendant son trajet.

Il y a donc tout intérêt à disposer les chaudières de façon à obtenir cette circulation intérieure.

La suite du raisonnement qui précède nous permettra d'étudier à ce point de vue les dispositifs des chaudières; pour l'instant, elle autorise les conclusions suivantes :

Pour qu'il y ait dans un tube la circulation la plus rapide que permet le volume de vapeur produit, il faut que l'ébullition soit régulière et se fasse par petites bulles nombreuses, parce que c'est de leur nombre et de leur répartition au sein du liquide que dépend la transmission des pressions à l'intérieur de celui-ci.

A partir du moment où la vitesse relative des bulles par rapport

à l'eau est négligeable, la vitesse absolue de circulation dépend du poids du mélange d'eau et de vapeur considéré comme un fluide homogène.

VÉRIFICATIONS EXPÉRIMENTALES. — La première partie de ces conclusions surtout, se prête à une vérification immédiate intéressante et facile, parce qu'elle est purement qualitative. La deuxième pourrait aussi se vérifier directement, mais sa véritable justification résulte de l'accord avec les résultats de toutes les conséquences qu'on peut en tirer dans les cas, assez nombreux en pratique, où l'on connaît : d'une part la charge qui produit la circulation dans un tube, d'autre part la quantité de vapeur existant dans le mélange d'eau et de vapeur qui parcourt le tube.

Nous avons établi antérieurement le premier point⁽¹⁾.

Pour le vérifier, il suffit de l'appareil le plus simple, par exemple un tube de verre en U (fig. 4), débouchant à ses deux extrémités dans un vase plein d'eau et dont on peut chauffer l'une des branches.

Pour varier le nombre et la dimension des bulles, la vaporisation restant à peu près constante, on se placera, tout en conservant toujours le même chauffage, dans diverses conditions d'ébullition. On sait en effet qu'en variant les liquides ou les surfaces vaporisatrices, on peut obtenir à volonté soit d'énormes poches de vapeur se dégageant d'un seul coup, soit un grand nombre de très petites bulles. On pourra donc varier les expériences à l'infini; mais, pour apprécier les faits qui nous occupent, on pourra se contenter :

1° De faire bouillir de l'eau distillée sur les surfaces de verre propres, lavées avec soin aux acides et au carbonate de soude pour dissoudre les graisses; on observera alors la formation de grosses poches formant piston dans le tube et donnant une circulation intermittente;

2° De remplacer une partie de l'eau par de l'eau bien aérée bouillant plus facilement par bulles de 1 à 2 cm. de diamètre et donnant une circulation modérée, non exempte de remous;

3° D'ajouter enfin des traces de savon, de façon à obtenir

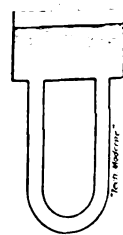


FIG. 4.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 3, p. 152.

(1) *Bulletin de l'Association technique maritime*, 1906.

l'ébullition par bulles très petites et nombreuses. Il s'établit alors dans le tube un courant de circulation d'une parfaite régularité.

Au sujet du second point, on peut étudier et vérifier, au moyen de cette théorie, la grandeur des indications erronées données par les tubes de niveau des chaudières, dont la prise d'eau est faite à la partie inférieure d'une lame d'eau ou d'un collecteur renfermant des bulles de vapeur en mouvement ascensionnel.

Enfin, on peut considérer comme une vérification expérimentale intéressante de l'ensemble de la théorie qui précède, la réalisation récente de pompes aspirantes à injection d'air, qui permettent d'aspirer un mélange d'eau et de bulles gazeuses à une profondeur supérieure à 10^m,33 (1).

ETUDE DES TYPES DE CHAUDIÈRES. — Ceci posé, voyons comment on peut en déduire : 1° le sens; 2° la vitesse des courants de circulation.

I. Circuits simples. — Nous distinguerons d'abord, parmi les circuits offerts au mélange d'eau et de vapeur, les circuits simples, c'est-à-dire composés d'un seul chemin, fermé sur lui-même, sans confluent ni bifurcations.

Un tel circuit est dit *réversible* s'il peut être parcouru indifféremment dans un sens ou dans l'autre, comme il est indiqué

figure 5; c'est un cas très fréquent dans les chaudières.

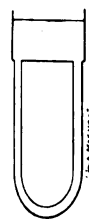


FIG. 5.
Cycle réversible.

Il est dit au contraire *irréversible* s'il ne peut être parcouru que dans un seul sens, de sorte que, dans un tel circuit, il y a circulation dans ce sens, ou bien il ne se fait aucune circulation. C'est le cas de la figure 6 et par exemple d'un élément de chaudière Belleville ou Thornycroft.

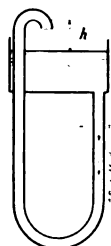


FIG. 6.
Cycle irréversible.

Dans le cas des cycles réversibles, le sens de la circulation peut souvent être apprécié sans aucun doute et à première vue, si les conditions

de chauffage sont telles qu'il ne peut y avoir doute sur les points où se forment les bulles de vapeur.

Par exemple, dans un tube Field isolé (fig. 7), où la vapeur se forme nécessairement et exclusivement dans l'espace annulaire compris entre les deux tubes, la circulation s'établit dans le sens indiqué par les flèches.

Il en est de même dans un tube en V dont la bissectrice est horizontale (fig. 8).

Au contraire, il serait difficile d'affirmer, *a priori*, le sens de la circulation et même son existence dans les branches verticales d'un tube en U plus ou moins également chauffées (fig. 5); cette circulation dépend non seulement de la quantité de chaleur que

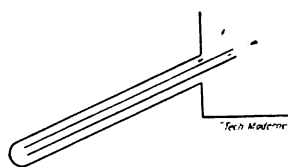


FIG. 7. — Tube Field.

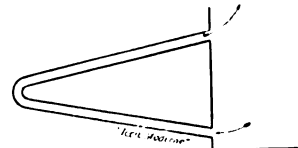


FIG. 8. — Tube en V.

les parois du tube reçoivent en chaque point, à un moment donné, mais de la façon dont ce chauffage a été établi et de l'ordre dans lequel on a allumé les foyers qui échauffent les divers points.

Nous ferons voir que, si l'on peut apprécier la vaporisation en chaque point, on peut, en général, calculer la vitesse (grandeur et sens) des courants de circulation. Mais il faut se méfier en pratique des dispositifs dans lesquels le sens de la circulation n'est pas certain, *a priori*, parce que le calcul montre alors que, même s'il s'y établit un courant de sens déterminé, il est généralement faible, instable, et que la situation est assez précaire.

Dans le cas des cycles irréversibles, il n'y a pas à s'occuper du sens, mais seulement de l'existence même de la circulation. Cette existence dépend de la vaporisation et de la différence de niveau h qui règne entre les deux points où la continuité du liquide est interrompue (fig. 6). Le calcul montrera toujours que pour une hauteur h , il y a circulation à partir d'une allure de vaporisation déterminée.

Les considérations que nous avons établies, et l'expérience, montrent que cette circulation se fera d'une façon continue si l'ébullition est régulière par petites bulles nombreuses et sera au contraire périodique, pulsative, si l'eau bout par grosses poches qui se dégagent les unes après les autres en formant piston.

(A suivre.)

M. EMANAU,
Ancien élève de l'École Polytechnique.

FILATURE ET TISSAGE

DÉTERMINATION DES DENSITÉS ET DIAMÈTRES DES MATIÈRES TEXTILES A L'ÉTAT DE FILS SIMPLES (2)

(Suite.)

II. — Détermination de la densité des fils par évaluation préalable de leurs diamètres.

Afin de combler cette lacune, par application de la formule (3) indiquée précédemment, nous avons cherché les densités des fils, connaissant leurs diamètres. Cette méthode, d'ordre purement mécanique, repose donc sur l'évaluation préalable des diamètres.

(1) *Revue de Mécanique*, novembre 1909.

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 3, p. 150.

Nous avons fait appel à un appareil très précis et très pratique dont la description est nécessaire pour l'intelligence de ce qui suit.

APPAREIL DUPLAY POUR DÉTERMINER LE DIAMÈTRE DES FILS ET LEUR RÉGULARITÉ.

Nous avons représenté (fig. 3, p. 224) le principe de cet appareil, construit par la maison Vanackère et Brunner, de Lille; il se compose d'une tige horizontale et cylindrique 1, parfaitement

Tableau des densités des fils par rapport à leurs diamètres.

JUTE : $\delta = 0,51$

NUMÉRO métrique au kg.	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO métrique au kg.	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO métrique au kg.	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO métrique au kg.	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO métrique au kg.	DIAMÈTRE du fil
0,1	4,960	0,8	1,752	6	0,640	13	0,484	20	0,350
0,2	3,507	0,9	1,652	7	0,592	14	0,418	21	0,342
0,3	2,863	1	1,570	8	0,554	15	0,404	22	0,333
0,4	2,479	2	1,109	9	0,522	16	0,391	23	0,325
0,5	2,218	3	0,900	10	0,495	17	0,379	24	0,319
0,6	2,024	4	0,784	11	0,472	18	0,368	25	0,313
0,7	1,873	5	0,701	12	0,452	19	0,359		

CHANVRE : $\delta = 0,52$

0,1	4,940	0,8	1,746	6	0,6375	13	0,482	20	0,349
0,2	3,493	0,9	1,660	7	0,591	14	0,420	21	0,341
0,3	2,852	1	1,560	8	0,553	15	0,402	22	0,336
0,4	2,469	2	1,104	9	0,521	16	0,390	23	0,326
0,5	2,109	3	0,902	10	0,494	17	0,378	24	0,318
0,6	2,016	4	0,781	11	0,470	18	0,368	25	0,311
0,7	1,867	5	0,699	12	0,450	19	0,358		

LAINE PEIGNÉE : $\delta = 0,58$

NUMÉRO anglais	NUMÉRO français	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO anglais	NUMÉRO français	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO anglais	NUMÉRO français	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO anglais	NUMÉRO français	DIAMÈTRE du fil
0 883	1	1,480	30 022	34	0,253	59 161	67	0,180	88 300	100	0,1477
1 766	2	1,046	30 905	35	0,250	60 044	68	0,179	89 183	101	0,1469
2 649	3	0,854	31 788	36	0,245	60 927	69	0,178	90 066	102	0,1462
3 532	4	0,789	32 671	37	0,243	61 810	70	0,176	90 949	103	0,1456
4 415	5	0,661	33 554	38	0,240	62 693	71	0,175	91 832	104	0,1449
5 298	6	0,604	34 437	39	0,236	63 576	72	0,174	92 715	105	0,1442
6 181	7	0,558	35 320	40	0,234	64 459	73	0,173	93 598	106	0,1435
6 064	8	0,522	36 203	41	0,231	65 342	74	0,171	94 481	107	0,1428
7 947	9	0,493	37 086	42	0,228	66 225	75	0,170	95 364	108	0,1421
8 830	10	0,468	37 969	43	0,225	67 108	76	0,169	96 247	109	0,1414
9 713	11	0,446	38 852	44	0,222	67 991	77	0,168	97 130	110	0,1411
10 596	12	0,426	39 735	45	0,220	68 874	78	0,167	98 013	111	0,1404
11 479	13	0,409	40 618	46	0,218	69 757	79	0,166	98 896	112	0,1396
12 362	14	0,395	41 501	47	0,215	70 640	80	0,165	99 779	113	0,1389
13 245	15	0,382	42 384	48	0,213	71 523	81	0,164	100 662	114	0,1385
14 128	16	0,367	43 267	49	0,211	72 406	82	0,163	101 545	115	0,1378
15 011	17	0,357	44 150	50	0,209	73 289	83	0,162	102 428	116	0,1371
15 894	18	0,349	45 033	51	0,207	74 172	84	0,161	103 311	117	0,1366
16 777	19	0,339	45 916	52	0,205	75 055	85	0,160	104 194	118	0,1359
17 660	20	0,330	46 799	53	0,203	75 938	86	0,155	105 077	119	0,1356
18 543	21	0,322	47 682	54	0,201	76 821	87	0,158	105 960	120	0,1349
19 426	22	0,315	48 565	55	0,199	77 704	88	0,157	106 843	121	0,1341
20 309	23	0,308	49 448	56	0,197	78 587	89	0,156	107 726	122	0,1337
21 192	24	0,301	50 331	57	0,195	79 470	90	0,155	108 609	123	0,1334
22 075	25	0,296	51 214	58	0,194	80 353	91	0,1548	109 492	124	0,1327
22 958	26	0,290	52 097	59	0,192	81 236	92	0,1542	110 375	125	0,1322
23 841	27	0,282	52 980	60	0,190	82 119	93	0,1530	111 258	126	0,1315
24 724	28	0,279	53 863	61	0,188	83 002	94	0,1523	112 141	127	0,1311
25 607	29	0,274	54 746	62	0,187	83 885	95	0,1519	113 024	128	0,1306
26 490	30	0,270	55 629	63	0,186	84 768	96	0,1509	113 907	129	0,1300
27 373	31	0,265	56 512	64	0,184	85 651	97	0,1500	114 790	130	0,1296
28 256	32	0,261	57 395	65	0,183	86 534	98	0,1493			
29 139	33	0,257	58 278	66	0,182	87 417	99	0,1485			

LIN AU MOUILLÉ : $\delta = 0,65$

1 653	1	1,400	6 612	4	0,7000	11 571	7	0,5291	16 530	10	0,443
3 306	2	0,9899	8 265	5	0,6261	13 224	8	0,4949	18 183	11	0,4190
4 959	3	0,9066	9 918	6	0,5831	14 877	9	0,4658	19 836	12	0,4037

Tableau des densités des fils par rapport à leurs diamètres (suite).

LIN AU MOUILLÉ : $\delta = 0,65$ (suite)											
NUMÉRO anglais	NUMÉRO français	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO anglais	NUMÉRO français	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO anglais	NUMÉRO français	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO anglais	NUMÉRO français	DIAMÈTRE du fil
21 489	13	0,3873	49 590	30	0,2555	77 691	47	0,2042	105 792	64	0,1749
23 142	14	0,3741	51 243	31	0,2513	79 344	48	0,2019	107 445	65	0,1734
24 795	15	0,3605	52 896	32	0,2473	80 997	49	0,2000	109 098	66	0,1700
26 448	16	0,3492	54 549	33	0,2435	83 650	50	0,1979	110 751	67	0,1708
28 101	17	0,3391	56 202	34	0,2400	84 303	51	0,1959	112 404	68	0,1697
29 754	18	0,3286	57 855	35	0,2366	85 956	52	0,1939	113 057	69	0,1685
31 407	19	0,3209	59 508	36	0,2332	87 609	53	0,1920	115 710	70	0,1673
33 060	20	0,3130	61 161	37	0,2300	89 262	54	0,1902	117 363	71	0,1661
34 713	21	0,3054	62 814	38	0,2269	90 915	55	0,1886	119 016	72	0,1649
36 366	22	0,2983	64 467	39	0,2240	92 568	56	0,1870	120 669	73	0,1637
38 019	23	0,2918	66 120	40	0,2213	94 221	57	0,1852	122 322	74	0,1624
39 672	24	0,2856	67 773	41	0,2186	95 874	58	0,1835	123 975	75	0,1615
41 350	25	0,2800	69 426	42	0,2158	97 527	59	0,1822	125 628	76	0,1603
42 978	26	0,2744	71 079	43	0,2133	99 180	60	0,1805	127 281	77	0,1594
44 631	27	0,2692	72 732	44	0,2109	100 833	61	0,1791	128 934	78	0,1584
46 284	28	0,2645	74 385	45	0,2085	102 486	62	0,1777	130 587	79	0,1574
47 937	29	0,2598	79 038	46	0,2063	104 139	63	0,1763	132 240	80	0,1565

LIN AU SEC : $\delta = 0,67$											
NUMÉRO anglais	NUMÉRO français	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO anglais	NUMÉRO français	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO anglais	NUMÉRO français	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO anglais	NUMÉRO français	DIAMÈTRE du fil
1 653	1	1,380	34 713	21	0,3009	67 773	41	0,2154	100 833	61	0,1766
3 306	2	0,9758	36 366	22	0,2941	69 426	42	0,2128	102 486	62	0,1752
4 959	3	0,7967	38 019	23	0,2877	71 079	43	0,2102	104 139	63	0,1737
6 612	4	0,6900	39 672	24	0,2816	72 732	44	0,2078	105 792	64	0,1723
8 265	5	0,6170	41 350	25	0,2758	74 385	45	0,2056	107 445	65	0,1708
9 918	6	0,5633	42 978	26	0,2705	76 038	46	0,2034	109 098	66	0,1697
11 571	7	0,5215	44 631	27	0,2655	77 691	47	0,2012	110 751	67	0,1685
13 224	8	0,4878	46 284	28	0,2607	79 344	48	0,1989	112 404	68	0,1673
14 877	9	0,4599	47 937	29	0,2561	80 997	49	0,1969	114 057	69	0,1661
16 530	10	0,4360	49 590	30	0,2518	82 650	50	0,1949	115 710	70	0,1649
18 183	11	0,4160	51 243	31	0,2477	84 303	51	0,1931	117 363	71	0,1637
19 836	12	0,3983	52 896	32	0,2439	85 956	52	0,1913	119 016	72	0,1624
21 489	13	0,3826	54 549	33	0,2402	87 609	53	0,1894	120 669	73	0,1612
23 142	14	0,3687	56 202	34	0,2366	89 262	54	0,1876	122 322	74	0,1603
24 795	15	0,3562	57 855	35	0,2332	90 915	55	0,1860	123 975	75	0,1590
26 448	16	0,3449	59 508	36	0,2300	92 568	56	0,1843	125 628	76	0,1581
28 101	17	0,3346	61 161	37	0,2267	94 221	57	0,1827	127 281	77	0,1571
29 754	18	0,3252	62 814	38	0,2238	95 874	58	0,1811	128 934	78	0,1562
31 407	19	0,3165	64 467	39	0,2209	97 527	59	0,1794	130 587	79	0,1552
33 060	20	0,3085	66 120	40	0,2181	99 180	60	0,1780	132 240	80	0,1542

RAMIE : $\delta = 0,69$									
NUMÉRO métrique au kg.	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO métrique au kg.	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO métrique au kg.	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO métrique au kg.	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO métrique au kg.	DIAMÈTRE du fil
1	1,359	17	0,329	33	0,236	49	0,194	65	0,168
2	0,960	18	0,320	34	0,233	50	0,192	66	0,167
3	0,784	19	0,311	35	0,229	51	0,190	67	0,165
4	0,679	20	0,302	36	0,226	52	0,188	68	0,164
5	0,605	21	0,296	37	0,223	53	0,186	69	0,163
6	0,554	22	0,289	38	0,220	54	0,184	70	0,162
7	0,513	23	0,283	39	0,217	55	0,183	71	0,161
8	0,486	24	0,277	40	0,213	56	0,181	72	0,160
9	0,452	25	0,271	41	0,211	57	0,179	73	0,159
10	0,429	26	0,264	42	0,209	58	0,178	74	0,157
11	0,409	27	0,261	43	0,207	59	0,176	75	0,156
12	0,392	28	0,256	44	0,204	60	0,175	76	0,155
13	0,376	29	0,252	45	0,202	61	0,173	77	0,154
14	0,363	30	0,249	46	0,200	62	0,172	78	0,153
15	0,350	31	0,244	47	0,198	63	0,171	79	0,152
16	0,336	32	0,240	48	0,196	64	0,169	80	0,151

calibrée, qui se trouve guidée entre deux supports verticaux; cette tige se termine par un volant à main 2, permettant de lui imprimer un mouvement de rotation dans le sens de la flèche 3.

D'autre part, cette tige porte un plateau claveté 4, tournant avec elle et présentant une encoche ou saignée 5; le fil 6 est engagé dans celle-ci en sorte que le plateau 4 en assure l'entraînement; en regard de ce dernier, se trouve un coulisseau 7 susceptible de glisser ou de se déplacer longitudinalement et sans effort, sur la tige 1; ce coulisseau est muni d'un index 8 voyageant le long d'une règle graduée 9, divisée en millimètres; lorsque

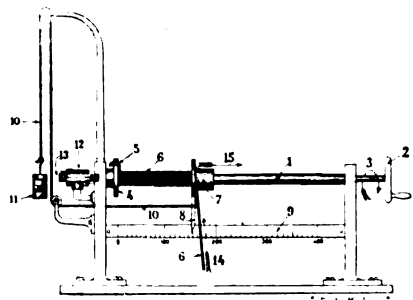


FIG. 3. — Coupe de l'appareil Duplay pour déterminer le diamètre du fil.

le coulisseau 7 est appliqué contre le disque 4, l'index 8 correspond au zéro de la graduation.

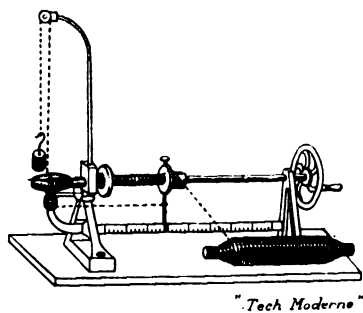
Le coulisseau 7, qui ne peut que se déplacer longitudinalement, sans tourner, porte un œil dans lequel on a passé préalablement le fil 6 à expérimenter; celui-ci a été ensuite engagé et maintenu dans l'encoche 5 du disque entraîneur 4. Un fil souple et léger 10 s'attache à la branche du coulisseau 7 et passe ensuite sur de petits renvois convenables; des poids 11, en quantité proportionnée à la grosseur du fil 6, sont suspendus à l'extrémité de la ficelle 10; dans ces conditions, le coulisseau 7 forme presseur et se trouve toujours sollicité de la droite vers la gauche.

La tige 1 se termine enfin par une vis sans fin 12, engrenant avec deux pignons horizontaux indiqués en 13; ceux-ci constituent le compteur; le pignon inférieur, de 99 dents, porte une aiguille se déplaçant devant le pignon supérieur, de 100 dents; chaque division indiquée sur ce dernier correspond donc à 100 tours de la tige 1.

Le fonctionnement de cet appareil est le suivant :

Le fil 6, ayant été passé préalablement dans l'œil du presseur 7, est engagé et maintenu par un nœud d'arrêt dans l'encoche de l'entraîneur 4; au début de l'opération, le presseur 7 est appliqué contre celui-ci, l'index 8 se trouvant au zéro. En tournant au volant 2, dans le sens de la flèche 3, le fil se trouve appelé peu à

peu dans la direction de la flèche 14; ce fil s'enroule en spires consécutives, sans chevaucher, sur la tige 1; peu à peu, le presseur 7 recule dans la direction de la flèche 15, les spires se tassant sous une pression constante et réglable due au contre-poids 11. Après un enroulement de 100 tours, on lit sur la règle 9 la longueur en millimètres; puis on continue l'opération en enroulant



"Tech. Moderne"

FIG. 4. — Ensemble de l'appareil Duplay.

une ou plusieurs fois consécutivement 100 tours du même fil. Si celui-ci accuse par exemple 30 mm., son diamètre sera de 0^{mm}.3. On conçoit, en même temps, que cet appareil si ingénieux permet de juger du degré de régularité du fil, quant à sa grosseur; un fil régulier et homogène devra en effet, toutes choses égales d'ailleurs, fournir une valeur en millimètres très

sensiblement constante pour chaque série de 100 tours expérimentée. On peut observer qu'on opère sur un grand nombre de tours juxtaposés; que, d'autre part, on peut répéter l'opération à différentes reprises pour réduire les chances d'erreur; la valeur moyenne du diamètre du fil peut donc être établie avec une certaine précision.

La figure 4 représente dans son ensemble cet ingénieux appareil.

Nous nous sommes livré à de nombreux essais sur des fils divers, de numéros bien connus, en opérant avec les précautions requises en pareil cas; chaque essai comportait dix séries de 100 tours chacune, afin d'obtenir des valeurs plus exactes; nous avons pu procéder avec une précision suffisante pour éviter tout écrasement des spires les unes sur les autres.

Nous pensons que les densités obtenues sont exactes pratiquement, car nous admettons des chances d'erreur de l'ordre de 1 à 2 % au maximum.

Résumé.

Rappelons que la formule (1) nous donne :

$$(5) \quad N\bar{d}^2 = N'\bar{d}'^2 = K,$$

en appelant K une constante correspondant à chaque textile envisagé.

Nous résumons ci-après la valeur de la constante :

$$K = N\bar{d}^2,$$

en appelant N le numéro métrique des fils, et $\bar{d}$ leur diamètre. Les divers textiles ont été classés par ordre de densité :

	K	$\bar{d}$
Jute	2,470	0,51
Chanvre	2,4336	0,52
Laine	2,190	0,58
Lin mouillé	1,960	0,65
Lin sec	1,9044	0,67
Ramie	1,8468	0,69
Coton	1,712	0,74
Poil de chameau	1,566	0,81
Soie	0,960	1,31

TABLEAU DES DIAMÈTRES DES FILS.

A la suite de laborieux calculs, nous avons pu reproduire sous forme de tableaux les diamètres des fils dans les limites courantes où ils sont fabriqués; nous les donnons pages 222 et 223, exprimés en millimètres, avec un nombre suffisant de décimales; d'une façon générale, ayant obtenu le diamètre de fils d'un certain nombre de numéros, nous avons calculé tous les autres en nous basant sur le rapport :

$$(1) \quad \frac{N}{N'} = \frac{\bar{d}'^2}{\bar{d}^2},$$

d'où l'on tire :

$$(6) \quad \bar{d}' = \sqrt{\frac{N}{N'} \bar{d}^2}.$$

Il a été procédé ainsi pour chaque variété de textile soumise aux essais.

(A suivre.)

James DANTZER,

Professeur suppléant au Conservatoire national des Arts et Métiers de Paris.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LA RÉSISTANCE DES CORDAGES
USITÉS EN AÉROSTATION ⁽¹⁾

(Suite et fin.)

RÉSUMÉ DES PREMIÈRES EXPÉRIENCES.

Quelque désir que l'on ait de trancher définitivement cette question si importante pour l'aérostation, il faut bien reconnaître qu'on se débat au milieu de résultats compliqués et en apparence contradictoires. Il faut se contenter souvent d'hypothèses, vraisemblables à vrai dire, mais qui ne sont pas entièrement confirmées. Nous essayons de résumer ci-dessous l'opinion que l'on s'est faite par l'examen des résultats obtenus.

a) Le chanvre naturel conserve une résistance moyenne constante à condition d'être traité avec soin; il peut présenter des écarts isolés considérables dus aux causes énumérées plus haut.

b) Mouillé et mis en paquet, il perd brusquement et de façon irrémédiable une très forte partie de sa résistance; il convient en conséquence de le soigner particulièrement, de le sécher avec soin et, comme on n'est jamais sûr que l'on pourra toujours agir ainsi, peut-être vaudrait-il mieux en proscrire l'emploi dans les filets, lesquels sont plus spécialement exposés à être mis en paquet alors qu'ils sont humides.

c) Le chanvre cachouté et la ramie peuvent être laissés en tas, même quand ils sont mouillés; leur résistance ne s'en trouve pas altérée.

d) Le chanvre cachouté est rugueux, dur aux étoffes et très inégal; il ne paraît pas avoir une durée supérieure à celle du chanvre naturel manipulé et entretenu avec soin.

e) La ramie est douce et n'use pas les étoffes; les cordages en ramie sont de constitution plus régulière que ceux en chanvre naturel ou cachouté.

f) Les cordages de fort diamètre en ramie perdent proportionnellement plus de résistance que les cordages de diamètre semblable en chanvre naturel ou en chanvre cachouté. Ces cordages ne semblent donc pas à adopter pour les agrès.

g) Au contraire, les cordages de petit diamètre en chanvre, chanvre cachouté et ramie, sont comparables comme perte de résistance.

h) Si l'on constituait un filet, partie en ramie pour les mailles en contact avec l'étoffe (lesquelles sont en ficelle de faible diamètre), partie en chanvre cachouté pour le reste du filet, on obtiendrait un agrès participant des avantages de la ramie et du chanvre cachouté et qui serait ainsi dans de bonnes conditions à tous points de vue. En effet, d'une part, le filet proprement dit étant en ramie userait peu par frottement l'enveloppe du ballon (avantage sur les deux cordages en chanvre et chanvre cachouté); il ne s'altérerait pas, même si on ne prenait aucune précaution à son égard (avantage sur le chanvre ordinaire); enfin, il ne perdrait pas plus de résistance que les ficelles des deux autres textiles, puisqu'il est fait avec de la petite ficelle en ramie. (Voir § g précédent.)

D'autre part, les pattes d'oie porteuses en chanvre cachouté qui ne touchent pas à l'étoffe ne s'altéreraient pas non plus, et se filocheraient moins facilement que des cordages en ramie par le frottement des crochets des sacs de lest.

i) Les cordages de gros diamètre en chanvre et en chanvre cachouté perdent proportionnellement moins de résistance que les cordages en même textile, mais de diamètre plus petit.

k) La remarque précédente ne s'applique pas aux cordages en ramie, qui perdent proportionnellement la même résistance quel que soit le diamètre du cordage.

l) En raison des inégalités que peuvent présenter les cordages en chanvre naturel et cachouté, on s'expose (étant donné qu'on prend des éprouvettes de faible longueur) à trouver, par exemple dans les filets, des résistances isolées très faibles. Or, comme on doit se montrer très prudent, on court ainsi le risque ou de voir un filet rejeté prématurément, ou tout au moins de prescrire une réparation importante sans grande nécessité. La ramie ne présentera pas cet inconvénient, car on constatera une diminution semblable de résistance dans toutes les éprouvettes et, par suite, on rejettera ou on réparera à coup sûr. C'est certainement un avantage que de se savoir à l'abri de pertes de résistance brusques, d'autant plus dangereuses qu'on ne peut pas toujours les soupçonner.

Deuxième série d'expériences sur le chanvre lessivé.

(Feuille d'expériences n° 6.)

C'est seulement en avril 1908 que nous eûmes connaissance de l'apparition de cordages fabriqués avec du chanvre dit « lessivé ». Sans doute, on avait déjà utilisé des toiles à voile de cette nature, mais il ne semble pas qu'on ait, avant cette date, songé à filer du cordage avec le textile en question. Nous avons dû à l'obligeance de M. Surcouf d'avoir presque au début une pièce de ce cordage qui permit d'entreprendre des expériences à partir du mois de mai 1908.

Le seul cordage en chanvre lessivé, soumis aux épreuves, n'est pas du même modèle que ceux usités par le service de l'aérostation militaire; c'est une ficelle câblée à gauche, alors qu'en général le câblage est fait à droite; son diamètre est de 3 mm. et son poids au mètre courant de 10 grammes environ. A ces derniers points de vue, il se rapprocherait de la ficelle en chanvre câblé n° 5, qui fait partie de la première série.

Relativement à la façon d'opérer, à la traduction des résultats par des diagrammes, rien n'a été changé à ce qui avait été fait antérieurement. Toutefois, le principe même des expériences a été différent. Ce qu'on se proposait en effet, c'était surtout de chercher si ce genre de cordage était nettement supérieur à ceux déjà existants. Dans ce but, il fallait le placer dans des conditions où les autres textiles n'auraient donné que de mauvais résultats; c'est même pour ce motif qu'on n'a eu, en quelque sorte, aucun égard pour le nouveau produit et que, dès les débuts, on l'a soumis à des essais à outrance.

La pièce de cordeau dont on disposait a été divisée en deux lots :

Le premier a été gardé en magasin, de manière à renseigner sur la façon dont se conserveraient les agrès qu'on ne mettrait pas en service;

Le deuxième a subi successivement les épreuves les plus dures et les plus variées.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 9, p. 481; n° 10, p. 539; n° 11, p. 615, et t. III (1911), n° 1, p. 24.

Les résultats obtenus se traduisent par les deux diagrammes de la feuille d'expériences n° 6. L'indication des divers traitements qu'on a fait subir au cordage se trouve dans la colonne correspondante au mois où l'essai a eu lieu.

On remarquera qu'en novembre, il y a eu une chute brusque de résistance (de 167 à 129 kg.). Il y avait là une anomalie bizarre, eu égard aux chiffres obtenus précédemment; aussi a-t-on procédé à ce moment-là à d'autres essais, qu'on interprétera plus loin. Mais, afin de ne pas surcharger les courbes, le

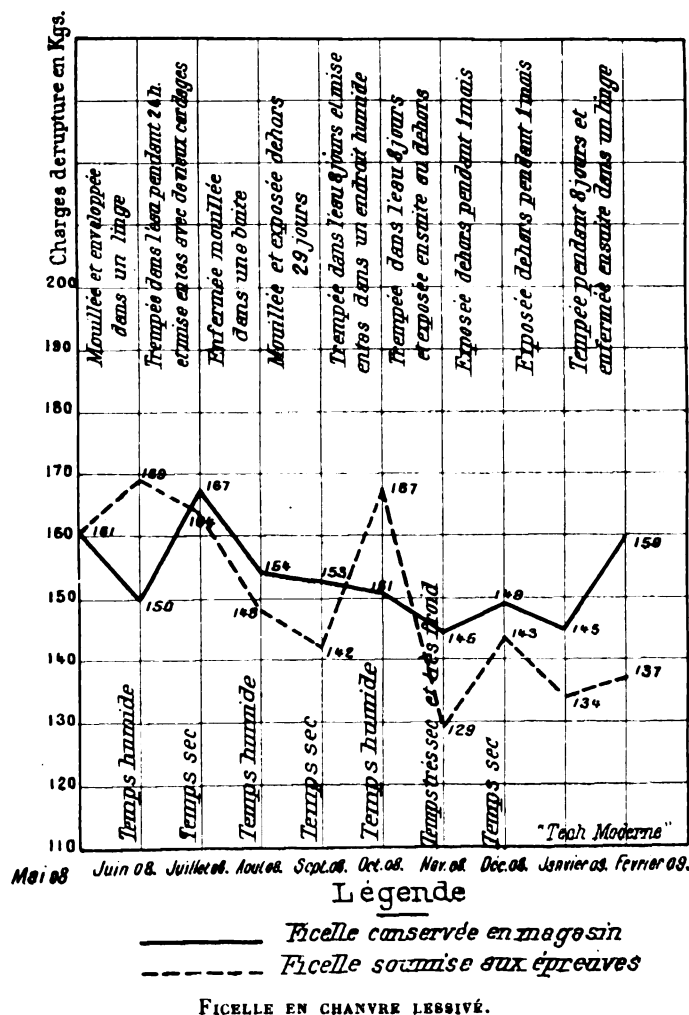


diagramme est donné comme si rien d'anormal ne s'était produit, et en prenant le chiffre de 129 kg. qui correspond aux essais régulièrement prévus.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS OBTENUS.

La seule inspection des courbes et des inscriptions des épreuves auxquelles le cordage a été soumis montre que, quelles que soient ces dernières, le chanvre lessivé offre une endurance remarquable qu'on ne saurait attendre du chanvre ordinaire. Il n'y a, en définitive, aucune différence appréciable entre les deux diagrammes; c'est là un phénomène digne d'attention quand on songe à la multiplicité et à la diversité des épreuves superposées imposées au deuxième lot.

On ne saurait mieux faire que de comparer ce résultat à ceux fournis par la ficelle n° 5 en chanvre ordinaire déjà expérimentée antérieurement, laquelle, au point de vue de la résistance, n'est pas très éloignée de la ficelle en chanvre lessivé essayée. Cette ficelle n° 5 qui, au début, résistait à 235 kg., est descendue à 96 kg.

au bout d'un mois et à 65 kg. au bout de deux mois, par le fait seul d'avoir été conservée mouillée et en paquet. Dans les mêmes conditions, la ficelle en chanvre lessivé a augmenté de résistance (169 kg. et 164 kg. au lieu de 161 kg., chiffre du début).

Si donc on fait abstraction du point bas de novembre, il est permis de dire que le chanvre lessivé n'a subi aucune altération sensible du fait des épreuves auxquelles il a été soumis.

Un point mérite d'être signalé, que les diagrammes ne mettent pas en évidence.

Le 23 novembre, la ficelle soumise aux épreuves a été mouillée en même temps qu'un petit paquet de ficelle n° 5 en chanvre ordinaire et les deux cordages ci-dessus, mouillés et enchevêtrés l'un dans l'autre, ont été enveloppés dans un linge également mouillé. D'autre part, un autre paquet de ficelle n° 5 en chanvre ordinaire fut mouillé et enveloppé seul d'un linge. Au bout d'un mois, les deux paquets sont ouverts et on fait les constatations suivantes :

1° La ficelle n° 5 en chanvre ordinaire, enfermée seule, est complètement moisie; c'était ce qu'on avait déjà constaté l'année précédente.

2° La ficelle n° 5 en chanvre ordinaire, enfermée avec la ficelle en chanvre lessivé, a seulement changé de couleur; elle n'est pas comme la précédente recouverte de moisissures; cependant, elle dégage une odeur qui dénote un commencement d'altération. D'ailleurs, sa résistance est tombée de 154 kg. à 107 kg.

3° La ficelle en chanvre lessivé ne présente aucune altération; elle résiste à 164 kg.

Ainsi donc, de cette expérience supplémentaire il résulte que le chanvre lessivé n'a subi aucun changement d'état et en outre qu'il a passé un peu de son immunité au chanvre ordinaire qui était à son contact.

Enfin, du chanvre lessivé, mouillé et enfermé dans un linge pendant deux mois au contact du chanvre ordinaire a encore donné une résistance de 150 kg.

DISCUSSION DES ESSAIS FAITS EN NOVEMBRE 1908.

Si on se reporte au diagramme, on voit que le chanvre lessivé soumis aux épreuves, qui, en octobre 1908, par temps humide et avec des éprouvettes également humides, avait donné une résistance de 167 kg., ne présentait plus en novembre 1908, par temps très froid et très sec, avec des éprouvettes sèches, qu'une résistance de 129 kg.

Le chanvre lessivé resté en magasin dans un local chauffé offrait aussi une perte de résistance, mais beaucoup moindre (167 kg. en octobre, 151 kg. en novembre). Il y avait là une anomalie résultant surtout de la différence entre 166 kg. et 129 kg., qu'il importait d'élucider.

On s'est tout d'abord demandé si la perte de résistance n'était pas due à une partie faible du cordage. Pour le vérifier, on a cassé trois nouvelles éprouvettes prises sur le même bout où avaient été prélevées les premières. La moyenne des charges de rupture fut 133 kg. Il ne faut pas oublier que pendant toutes ces opérations assez longues, puisqu'il faut confectionner les boucles épaissées des diverses éprouvettes, le cordage est resté dans le local chaud, où il s'est en partie séché. Cette remarque a son importance.

Malgré l'élévation successive du chiffre de la charge de rupture, il semblait bien que la perte subsistant malgré tout, n'était pas imputable, au moins uniquement, à la fabrication irrégulière du cordage. L'humidité paraissait au contraire jouer un grand rôle. On voulut alors faire une vérification de la façon suivante. Douze éprouvettes furent confectionnées dans chacun des deux lots, en tout 24 éprouvettes.

6 éprouvettes du cordage conservé en magasin furent laissées dans le local chaud;

- 6 éprouvettes du cordage soumis aux épreuves furent laissées dans le local chaud ;
 6 éprouvettes du cordage conservé en magasin furent exposées à l'humidité et cassées humides ;
 6 éprouvettes du cordage soumis aux épreuves furent exposées à l'humidité et cassées humides.

Les résultats furent édifiants.

Les éprouvettes conservées dans le local chaud donnèrent les moyennes suivantes :

138 kg. pour le cordage conservé en magasin.
 152 kg. — soumis aux épreuves.

Les éprouvettes humides donnèrent :

196 kg. pour le cordage conservé en magasin.
 179 kg. — soumis aux épreuves.

Il ressortait nettement de là que les conditions et l'état dans lesquels sont cassées les éprouvettes influent énormément sur les résultats, puisque la variation de résistance peut atteindre le tiers de la résistance primitive ($196-138=58$ kg., pour le cordage en magasin).

On voit donc à quelles erreurs d'interprétation on s'expose en ne tenant pas compte de l'état hygrométrique.

ESSAIS FAITS EN FÉVRIER 1909.

Après avoir constaté que, malgré la dureté des essais, le chanvre lessivé résiste très bien aux épreuves, on voulut essayer une dernière fois de faire perdre à ce textile une grande partie de sa résistance.

Dans ce but, on enfouit dans la terre d'un jardin pendant trois semaines un échantillon de chacun des lots.

Au bout de ce temps, le cordage, bien que ne présentant aucune trace d'altération, donna les résultats ci-dessous :

Échantillon du cordage conservé en magasin, enfoui pendant 3 semaines 106 kg.
 Échantillon du cordage soumis aux épreuves et enfoui pendant 3 semaines 72 kg.

L'inaltérabilité du chanvre lessivé n'est donc pas absolue, mais il est vraisemblable qu'il n'aura jamais à subir des épreuves de cette dernière nature.

Conclusions.

Dans la limite du temps dont on a disposé, le chanvre lessivé a présenté, malgré toutes les épreuves, une endurance remarquable. A ce point de vue, le chanvre lessivé offre les mêmes avantages que la ramie et le chanvre cachouté ;

Il paraît ne pas présenter de diminution systématique de résistance en fonction du temps comme la ramie ;

Il n'a pas les sautes brusques et répétées de résistance du chanvre cachouté, bien que la plus ou moins grande humidité, contenue dans le textile, soit une cause de variations sensibles de sa résistance ; en tout cas, il n'est pas *réche* comme le chanvre cachouté.

Comme, d'autre part, il offre à diamètre égal une plus grande résistance que le chanvre ordinaire (fait constaté à l'établissement central du matériel de l'Aérostation militaire), ce textile serait bien préférable à tout ce qui existe et son emploi mériterait d'être envisagé non seulement en aérostation, mais encore pour les divers cordages usités en général.

Capitaine Do,

du Bataillon des Aérostiers militaires,
 Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

CHIMIE INDUSTRIELLE

L'INDUSTRIE DU GOUDRON DE HOUILLE⁽¹⁾

(Suite.)

Procédés continus. — D'intéressantes tentatives ont été faites depuis longtemps pour appliquer, à la distillation des goudrons, le principe de la continuité, et nous donnerons quelques détails sur deux appareils bien différents dans leur conception, qui ont permis de réaliser ce mode de distillation.

Le système Ray, que nous décrirons en dernier, appartient à la catégorie des distillations étagées, dans des vaisseaux placés en cascade, pour lesquelles ont été pris la plupart des brevets de procédés continus qui n'ont d'ailleurs pas été exploités industriellement.

Système Lenhard : L'appareil Lenhard, qui a reçu des applications en Angleterre, à la South Metropolitan Gas Cy, dont nous avons visité les installations grandioses, présente des avantages intéressants tant au point de vue technique qu'au point de vue économique. En principe, il permet de soumettre le goudron à un régime de chaleur minimum, en exposant ce goudron, par l'intermédiaire d'une très grande surface de chauffe, à des températures relativement basses, mais suffisantes toutefois pour vaporiser

tous les produits que l'on doit en extraire par la distillation.

Pour réaliser ce processus, le goudron parcourt un serpentín chauffé dans un four. La température du four et la vitesse de circulation du goudron dans le serpentín sont réglées de telle façon qu'à la sortie de l'appareil les huiles soient complètement volatilisées et en état de se séparer du brai résiduel.

La masse chauffée sortant du serpentín est envoyée dans une sorte de scrubber, rempli de poteries sur lesquelles elle se divise, laissant ainsi facilement échapper toutes les vapeurs. Le résidu constitue le brai, qui est recueilli en bas du scrubber et s'écoule aux étouffoirs par des tuyauteries à enveloppes de vapeur.

La totalité des produits volatils passe dans une série de réfrigérants pour y subir la condensation fractionnée. Les deux premiers réfrigérants sont refroidis par le goudron lui-même avant son entrée dans le serpentín ; dans le troisième, la condensation est achevée au moyen d'un courant d'eau froide. Les vapeurs sont fractionnées, comme d'habitude, en huiles d'anthracène, huiles à crésote et naphthaline, huiles légères, mais cette séparation se fait à l'inverse de ce qui se passe dans la distillation discontinues : Ce n'est plus le fractionnement par distillation, mais le fractionnement par condensation étagée, les produits

⁽¹⁾ Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 1 (janvier 1911), p. 27 ; n° 2, p. 85, et n° 3, p. 155.

lourds étant condensés les premiers. Nous donnons ci-dessous (fig. 11) un schéma de l'ensemble d'une telle installation.

L'appareil vaporisateur se compose, d'un serpentin dont le développement atteint 800 mètres de longueur pour un appareil d'une puissance de distillation de 60 000 à 80 000 kg. par vingt-quatre heures. Son diamètre est de 60 mm. à l'entrée et croît progressivement pour se terminer en 100 mm. environ.

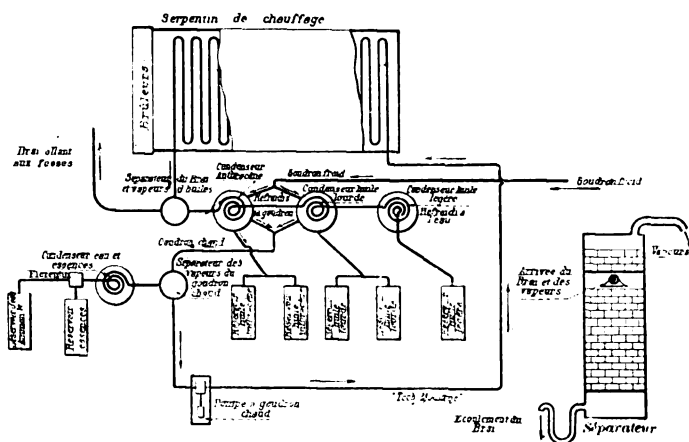


FIG. 11. — Schéma de l'appareil continu, système Lenhard, à distiller les goudrons.

À l'entrée de l'appareil, la vitesse du goudron est d'environ 4 mètres à la seconde et la pression de refoulement de 1 kg. 500 à 1 kg. 750.

Le serpentin est posé horizontalement sur des arceaux en réfractaire, avec une très légère inclinaison de 0^m,45 de l'entrée à la sortie. Il est chauffé par radiation seulement et non par contact direct des flammes. Le mode de chauffage employé est indifférent. Dans certains appareils existant à Londres, on chauffe au gaz de gazogène; dans d'autres, on chauffe au moyen de brûleurs spéciaux à huiles. La température à la sortie du serpentin atteint 350° environ. On pourrait craindre un engorgement des tubes, en particulier lorsqu'on traite des goudrons épais, mais la pratique montre qu'il n'en est rien; le goudron étant toujours en mouvement, dans l'appareil et l'expansion des vapeurs ne se faisant pas dans le serpentin, la carbonisation se trouve évitée.

Il est intéressant de comparer, à ce sujet, la surface de chauffe de cet appareil à celle des chaudières ordinaires. Pour un appareil traitant 5 tonnes 1/2 à l'heure, la surface du serpentin est de 190 m², soit 34^m,6 par tonne de goudron et par heure. Dans les chaudières P. Mallet, traitant 1 tonne 1/4 environ à l'heure, la surface de chauffe directe et indirecte est de 3^m,9 + 12^m,9, soit à peu près 17 m² ou moitié de celle de l'appareil continu. On s'explique que, dans le serpentin de l'appareil Lenhard, le goudron, même vers sa sortie, ne subit pas de surchauffe locale suffisante pour provoquer une distillation destructive. En fait, un tel appareil a pu fonctionner pendant dix-huit mois et plus sans interruption.

Le brai mélangé aux vapeurs, sortant du serpentin, se rend dans un « séparateur » (fig. 11), comme nous l'avons expliqué. Puis de là, les vapeurs vont aux condenseurs verticaux dans lesquels le goudron à traiter servant de réfrigérant subit un échauffement qui élève sa température à plus de 100°. Les dernières vapeurs constituant les huiles légères et le naphte sont condensées dans un serpentin refroidi à l'eau froide.

Le goudron échauffé dans les bâches closes des premiers condenseurs est envoyé dans un appareil semblable au « séparateur » dont nous avons parlé pour l'obtention du brai. De ce séparateur, la vapeur d'eau et les naphtes les plus légers s'échappent et sont recueillis dans un condenseur spécial, tandis que le goudron, pratiquement deshydraté, est pris par une pompe et envoyé au serpentin de distillation.

La conduite d'un tel appareil est assez facile, au dire des inventeurs. Une fois mis en marche et bien réglé par tâtonnements, il suffit de maintenir une température déterminée à la sortie du serpentin et un débit de goudron bien régulier pour que les produits obtenus restent bien constants comme qualité.

Si la nature du goudron vient à changer, on en est averti par une modification dans la qualité du brai obtenu; il suffit alors de modifier légèrement, suivant les résultats observés, soit le débit du goudron, soit la température de distillation. Il est évident cependant que le réglage est assez délicat et long, et il semble bien que ce mode de distillation exige que le goudron à traiter reste aussi semblable à lui-même que possible, si l'on tient à la constance des produits.

Cet appareil ne peut d'ailleurs convenir qu'aux usines de distillation ayant de forts tonnages à traiter et pouvant s'alimenter sans interruption. Sa capacité de traitement est de 60 à 80 tonnes par vingt-quatre heures, et il ne paraît pas que l'on puisse, sur le même principe, établir utilement des appareils de faible puissance. Le réglage est, en effet, d'autant plus facile à maintenir, une fois obtenu, que les masses en jeu sont plus considérables.

Bien que les installations de Londres aient déjà plusieurs années de service, le système Lenhard ne fonctionne pas dans d'autres usines ni en Angleterre, ni sur le continent. On peut se demander si certains goudrons très chargés en carbone fixe pourraient être traités sans difficulté par ce procédé séduisant.

Système Ray : L'appareil Ray, à l'inverse du précédent, est proposé pour les usines de moyenne importance. Sa puissance de traitement est, en effet, de 20 à 25 tonnes de goudron par vingt-quatre heures.

Il se compose, en principe, d'une série de 4 à 6 bouilleurs ou « cornues » communiquant entre eux par siphons et dans lesquels le goudron circule d'une façon continue, entrant en tête de l'appareil, abandonnant progressivement ses produits volatils et sortant de la dernière cornue à l'état de brai.

Ces « cornues » sont formées de tuyaux en fer de 250 mm. de diamètre et de 5 mètres de longueur légèrement inclinés sur l'horizontale.

La figure 12 donne une représentation schématique de la circulation du goudron.

Celui-ci entre en A dans la première cornue, qu'il remplit à moitié jusqu'au niveau déterminé par la hauteur de l'orifice d'écoulement du siphon de sortie H et par les pertes de charge. Il passe dans la deuxième par le tuyau B, puis dans la troisième par le tuyau D, et ainsi de suite. Il sort finalement sous forme de brai par le siphon H placé à l'extrémité de la dernière cornue. Le

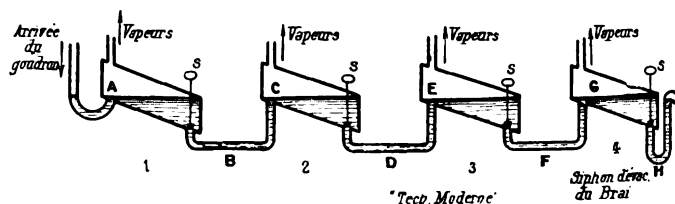


FIG. 12. — Schéma de la circulation des goudrons dans l'appareil système Ray.

goudron chemine sous une charge très faible; il suffit que le niveau en A soit supérieur de quelques centimètres au niveau de sortie du dernier siphon H pour que le liquide, arrivant en A, continue son mouvement dans toute la série des cornues.

Des soupapes S, indiquées sur le schéma, permettent de suspendre les écoulements d'un bouilleur à l'autre quand on veut arrêter l'appareil pour quelque motif que ce soit.

(A suivre.)

G. et V.

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER

**Le XVI^e Congrès international
de tramways et de chemins de fer d'intérêt local
(Bruxelles, 6-11 septembre 1910).**

(Suite ¹).

CONDITIONS A REMPLIR DANS LES PLANS D'EXTENSIONS EN VUE D'OBTENIR UN RÉSEAU RATIONNEL DE TRAMWAYS. — Les profils adoptés pour les voies parcourues par les tramways sont des plus divers, profils à une voie, à deux voies, etc. Il faut recommander en tous cas le tracé d'avenues avec chaussées spéciales pour les tramways.

Au point de vue de la répartition des arrêts, les pertes de temps aux stations proviennent de trois facteurs : 1° la durée effective du stationnement; 2° la perte de temps due au ralentissement avant l'arrêt; 3° la perte due au démarrage.

La durée effective du stationnement dépend des villes, des habitants et de l'intensité de la circulation.

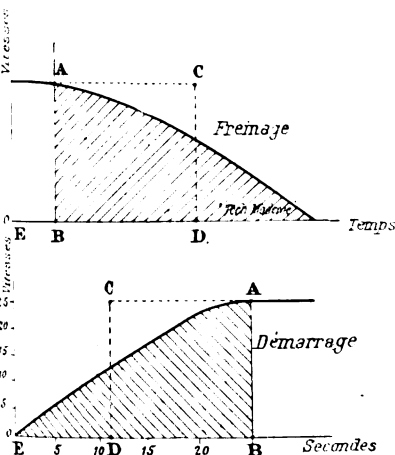


FIG. 3. — Diagrammes des vitesses de marche aux freinages et démarrages.

perte de temps due au ralentissement est donc figurée par DE. L'on opère de même pour le démarrage. Pour une vitesse de 35 km. à l'heure, la perte est de seize secondes en moyenne.

En calculant ainsi les pertes de temps pour diverses vitesses, on obtient pour différentes vitesses de marche et espacements de haltes le diagramme de la figure 4, qui montre que, pour une vitesse de marche de 12 km. à l'heure, par exemple, la courbe ne s'élève que lentement à mesure que l'espacement des haltes augmente; par contre, les courbes 25, 30, 35 s'élèvent beaucoup plus rapidement, surtout au début; plus la distance entre les stations sera faible, plus une diminution apportée dans l'écartement de ces stations sera nuisible.

L'on rend ces courbes encore plus intéressantes en faisant intervenir les temps nécessaires non seulement pour parcourir une certaine distance, mais ceux nécessaires pour rejoindre une des stations (fig. 5).

Bien que ces considérations aient surtout une valeur théorique, elles donnent souvent des indications fort précieuses pour l'établissement des stations.

Il ne reste plus ensuite qu'à répartir les arrêts de façon

qu'ils se trouvent aux emplacements les plus propices, carrefours, croisements de rues, etc., et à dégager les abords de ces

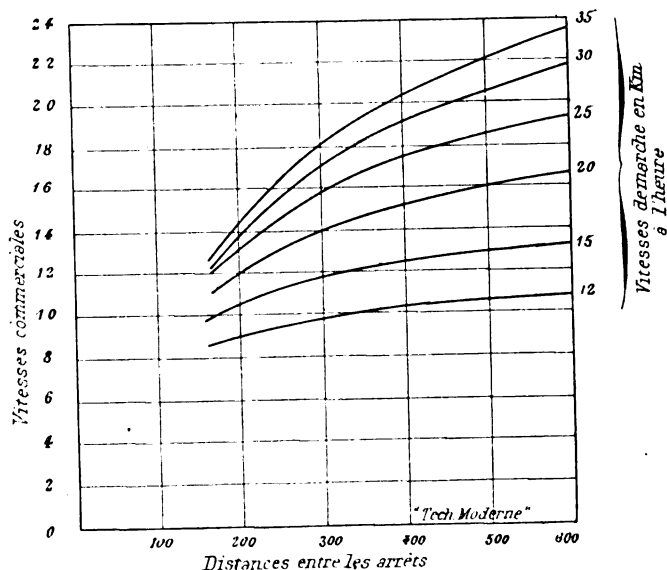


FIG. 4. — Diagrammes des vitesses commerciales en fonction des distances entre les points d'arrêt.

carrefours pour augmenter autant que possible la visibilité aux approches.

Les rapporteurs de cette question étaient MM. Wattmann et Neiszen.

NETTOYAGE DES RAILS. — L'accroissement de la circulation dans les villes a entraîné une plus grande formation de poussières et de boues et toutes les sociétés ont envisagé la question

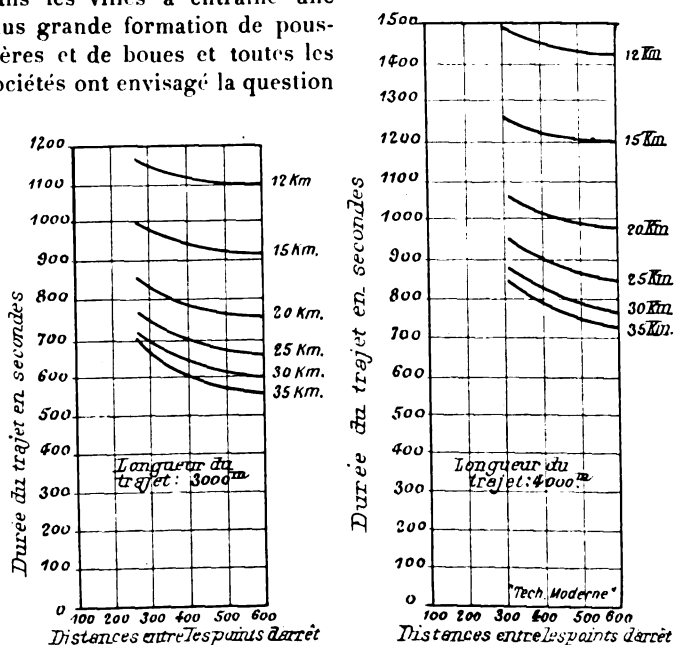


FIG. 5. — Diagrammes de différentes vitesses commerciales, en fonction de la vitesse de marche et de la distance entre les points d'arrêt.

du nettoyage des rails comme très importante. Des sommes énormes sont dépensées annuellement à ce sujet.

Le nettoyage à la main, trop long et trop coûteux, sera petit à

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 2 (février 1911), p. 98, et n° 3 (mars 1911), p. 172.

petit remplacé par un nettoyage mécanique d'une plus grande efficacité et d'un prix de revient moindre.

PERFECTIONNEMENTS DU MATÉRIEL (M. Stahl, rapporteur). —

1° *Trucks*. — Afin de diminuer la formation des poussières, l'on a essayé d'employer des roues pleines. L'emploi des roues à disques emboutis pouvant être munies de bandages paraît plus économique.

La commande par différentiel est recommandable au point de vue de la diminution de l'usure ondulatoire des rails. Les paliers à billes pour fusées d'essieux ne sont pas à recommander. Quant à la question des engrenages employés, elle n'est pas encore solutionnée;

2° *Timoneries de freins*. — Le dispositif de réglage des freins, système Chaumont, a donné de bons résultats.

L'on ne peut se prononcer encore au sujet de l'utilisation de sabots de freins spéciaux; enfin la suspension en parallélogramme, qui permet un déplacement radial et parallèle des sabots, est très recommandable;

3° *Appareils de chocs et de traction*. — La question reste en suspens du fait du manque de dispositifs satisfaisants employés jusqu'alors;

4° *Graissage*. — La question du graissage des engrenages n'est pas encore résolue. Pour les paliers de suspension du moteur et de l'induit, le graissage à l'huile doit avoir la préférence;

5° *Signalisation intérieure*. — Se fait par timbre, actionné par une courroie entre le receveur et le conducteur. Il y aurait lieu d'étudier à cet effet des signaux électriques;

6° *Signalisation extérieure*. — Le timbre actionné par pédale est d'un fonctionnement sûr. L'éclairage des plaques indicatrices d'about se fait partout.

Pour l'éclairage de la voie, des réflecteurs avec lampes à incandescence suffisent;

7° *Eclairage intérieur*. — L'on ne peut encore communiquer de résultats définitifs, en ce qui concerne l'emploi de lampes à filaments métalliques. Il serait d'ailleurs intéressant d'en voir continuer les essais.

(A suivre.)

Fernand DUBAR,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

Locomotive électrique à turbine.

On a procédé dernièrement à des essais sur les Caledonian and North British Railways, d'une locomotive, système Reid-

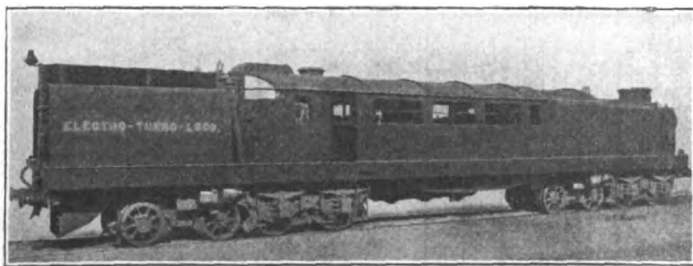


FIG. 1. — Locomotive turbo-électrique système Reid-Ramsay.

Ramsay, mue par turbine à vapeur et comportant des moteurs électriques. (*The Engineer*, 8.VII.10.)

La chaudière, du type locomotive ordinaire, est munie d'un surchauffeur. La turbine fait 3 000 tours par minute et actionne, par accouplement direct, une génératrice électrique à courant continu et voltage variable. Le courant a des tensions de 200 à 600 volts, et est fourni à quatre moteurs-série montés sur autant d'essieux-moteurs. La vapeur d'échappement de la turbine est

recupérée par un condenseur à surface. Les condensations étant exemptes d'huile peuvent être renvoyées à la chaudière et l'eau de réfrigération, échauffée dans le condenseur, circule dans un radiateur à tubes placé en avant de la locomotive. De la sorte, l'approvisionnement d'eau emporté par la machine n'est autre chose que l'eau de réfrigération. La circulation de cette eau est assurée par des pompes actionnées électriquement. De même, comme on ne dispose plus de vapeur d'échappement pour le soufflage du foyer, on l'opère par un ventilateur électrique placé dans le radiateur.

Le châssis est porté par quatre bogies répartis à l'avant et à l'arrière en deux groupes, chaque groupe comprenant un bogie porteur et un bogie à deux essieux-moteurs.

Il sera curieux de connaître les résultats que donnera cette nouvelle machine.

L. D.

Cylindres en fonte au vanadium pour locomotives.

Ces cylindres en fonte au vanadium essayés par le New-York Central Railroad n'ont présenté après 320 000 km. qu'une usure inappréciable. 183 machines neuves vont être pourvues de ces cylindres. La proportion de vanadium est de 0,10 à 0,12 %; son addition se fait sous la forme de ferro-vanadium à 35 % que l'on ajoute dans la poche de coulée avec un peu d'aluminium. On retrouve dans la fonte environ 70 à 80 % du vanadium.

Les essais de fonte au vanadium sont d'ailleurs poursuivis systématiquement en Amérique et les résultats intéressants suivants ont été obtenus :

Fonte grise brute.	11,80
— à 0,05 % de vanadium	11,80
— à 0,10 % —	14,00
— à 0,15 % —	14,00
Fonte blanche deuxième fusion.	8,75
— — à 0,05 de vanadium.	18,00
— — à 0,10 —	16,80
— — à 0,15 —	17,60

Le vanadium paraît donc jouer dans la fonte le résultat de simple épurant, puisque les résultats ne sont pas modifiés par des additions variant de 50 %.

F. D.

CHIMIE INDUSTRIELLE

Nouveau mode d'utilisation des écumes de carbonatation de sucreries pour la fabrication du ciment.

Jusqu'à ce jour, dans les procédés utilisant les écumes de sucrerie, ces écumes étaient mêlées à des silicates après leur sortie des filtres-presses. Dans un procédé que vient de faire breveter le baron R. Tornay-Schlossberger, de Budapest, les silicates sont ajoutés au jus brut avant la défécation. Les écumes sortant des filtres-presses sont alors constituées par un mélange silico-calcaire, absolument homogène, qui peut être directement calciné pour la préparation du ciment. (D'après le *Journal des Fabricants de sucre*, 7.XII.10.)

L'épuration des jus n'est nullement entravée par la présence des silicates; l'inventeur croit même que leur présence permet de travailler sans inconvénient des betteraves avariées dont l'épuration avec la chaux seule présente souvent de grosses difficultés.

M. R.

Un nouvel emploi du pétrole.

La réduction des minerais de zinc s'effectue à l'heure actuelle par le coke ou le charbon, dans des cornues de terre qui doivent avoir une épaisseur considérable. L'opération présente plu-

sieurs inconvénients : 1° Elle est longue (environ vingt heures) et discontinue; 2° Elle exige une grande dépense de chaleur; 3° Les meilleurs charbons contiennent une grande quantité de matières qui n'agissent pas comme agents de réduction.

Aussi a-t-on pensé à essayer un nouveau réducteur, le pétrole brut, qui est riche en hydrogène, en carbone, et, de plus, très bon marché.

Il fallait savoir, en outre, si la haute température (1 200° au moins) exigée par la réduction de l'oxyde de zinc ne le volatiliserait pas entièrement, en ne laissant qu'une quantité de carbone insuffisante pour donner lieu à la réduction. C'est dans ce but que MM. Harry, H. Hughes et Harrison Hale entreprirent des expériences au Whitcomb Chemical Laboratory, de Springfield, que relate *The Journal of Industrial and Engineering Chemistry*.

Il résulte de leurs essais : 1° Que les minerais de zinc peuvent être traités avec succès après grillage au moyen de pétrole brut; 2° Que les avantages théoriques de la puissance réductrice du pétrole subsistent dans la pratique; 3° Qu'on pourrait vraisemblablement baser un procédé continu sur ce principe, procédé qui serait meilleur marché, plus rapide et plus facile à régler que tous ceux actuellement en usage.

M. R.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

La commande électrique des raboteuses.

Nous étudierons avec quelques détails un système de construction récemment décrit (1).

En principe, ce système (dit système Léonard) se compose d'un moteur à courant triphasé actionnant une dynamo à courant

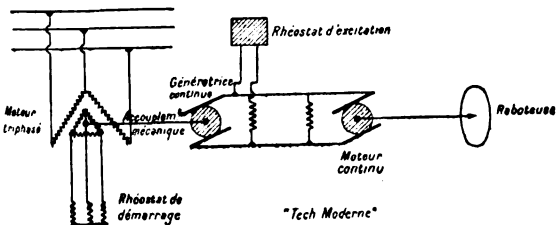


FIG. 1. — Schéma du montage de la commande électrique, système Léonard, sur un réseau triphasé.

continu, c'est-à-dire d'un groupe convertisseur. Ce groupe alimente un moteur à courant continu qui commande la machine opératrice (la raboteuse en l'espèce), comme le montre la figure 1. La particularité du système Léonard consiste en ce qu'on fait varier la vitesse du moteur à courant continu en faisant varier la tension produite par le groupe convertisseur, c'est-à-dire la

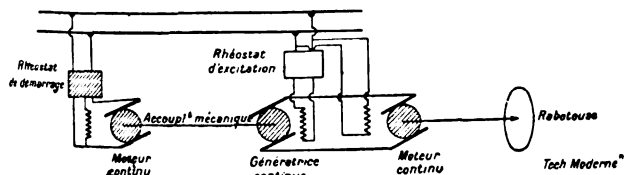


FIG. 2. — Schéma du montage de la commande électrique, système Léonard, sur un réseau continu.

tension aux bornes du moteur, dont la vitesse est alors commandée par le rhéostat d'excitation de la dynamo.

Ce système est très employé pour toutes les applications du courant triphasé qui nécessitent une vitesse variable (treuils de hauts fourneaux, machines de papeterie, etc.).

On peut également l'employer sur les réseaux à courant continu; alors la conversion a lieu de courant continu à courant continu au lieu d'avoir lieu de courant triphasé à courant continu, et le réglage du moteur qui commande la machine opératrice a lieu de même par l'excitation de la génératrice qui l'alimente, comme l'indique la figure 2.

La figure 3 montre d'une façon détaillée les connexions telles

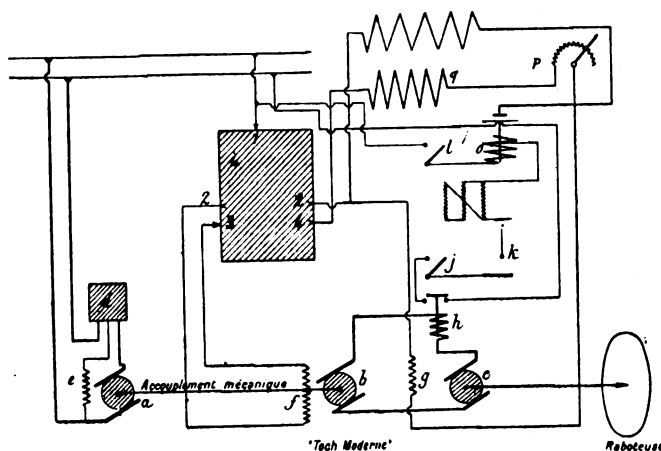


FIG. 3. — Schéma détaillé des connexions de la commande électrique, système Léonard, dans le cas d'un courant continu. — a, moteur sur le réseau; b, génératrice du Léonard; c, moteur sur la raboteuse; d, résistance de démarrage; e, excitation de a; f, excitation de b; g, excitation de c; h, maximum sur le courant de la génératrice du Léonard; i, contrôleur-inverseur; j, interrupteur de mise en circuit; k, interrupteur fin de course; l, interrupteur de mise hors circuit; m, résistance du circuit auxiliaire; n, relais; o, rhéostat d'excitation; p, résistance en série avec p; q, résistance de protection du circuit inducteur g.

qu'elles sont conçues par une société de Berlin pour l'emploi du système Léonard sur un réseau continu.

La rupture et l'établissement du courant principal sont obtenus au moyen d'un courant auxiliaire dont l'action sur un électro o commande un relais ou contacteur qui est en série avec le courant principal.

Sur ce circuit auxiliaire sont connectés :

Deux ou plusieurs boutons de rupture ou d'établissement du courant;

Un interrupteur à maxima du courant du Léonard; cet inter-

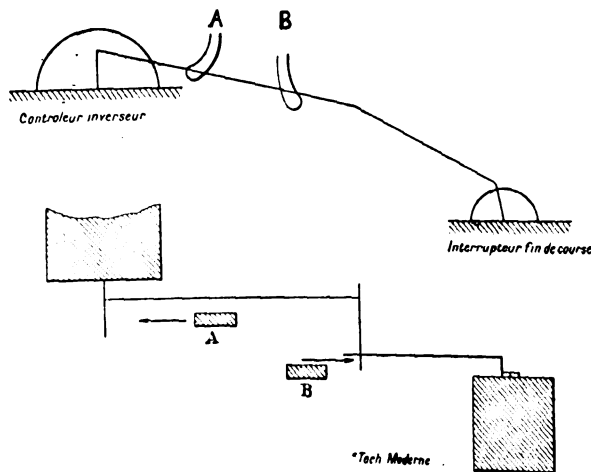


FIG. 4. — Schéma de la commande mécanique.

rupteur coupe le courant auxiliaire qui déclanche le relais; Un relais ou contacteur dont la bobine d'électro est connectée avec le courant auxiliaire;

Une résistance destinée à régler le courant de ce circuit;

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 12 (déc. 1910), p. 698.

Un interrupteur fin de course qui actionne le frein électromagnétique, s'il y a lieu (ce n'est pas le cas de la fig. 3).

Comme autres appareils, on peut encore remarquer la résistance v , destinée à absorber les extra-courants de self des circuits inducteurs. Le contrôleur-inverseur ne présente pas de particularités.

Dans le cas de la figure 3, le freinage est électrique, lorsque le relais coupe le courant dans b , le moteur c fonctionne en génératrice, puisque b est sans courant, les deux machines se freinent mutuellement.

La commande mécanique est représentée par l'épure de la figure 4; les deux taquets A et B, fixés à la table mobile, viennent manœuvrer les tringles représentées schématiquement sur la figure. Elles commandent à droite l'interrupteur fin de course, à gauche le contrôleur-inverseur.

Le rhéostat d'excitation ayant donc été mis une fois à la position à laquelle correspond la vitesse voulue pour la pièce à travailler, le fonctionnement est absolument automatique.

Il est évident que cette commande électrique des raboteuses n'est avantageuse que pour les fortes machines, c'est-à-dire pour les appareils demandant une puissance d'au moins 20 chevaux. Pour les appareils de l'industrie normale (5 à 10 ch.), on emploiera simplement une commande par courroie et un moteur à rotor à bagues de démarrage et rhéostat protégé. Le moteur tourne alors toujours dans le même sens et le renversement est mécaniquement obtenu.

C. MANNESSIER,

Ingénieur-électricien,

Diplômé de l'Institut Industriel du Nord.

Poste d'essai pour la localisation des dérangements sur les lignes téléphoniques (1).

Pour localiser un contact sur l'un des fils d'un circuit téléphonique, on opère ordinairement par la méthode du pont de Wheatstone, en faisant boucher le circuit à l'une des extrémités,

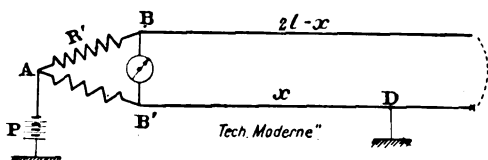


FIG. 1. — Schéma.

le pont étant complété de l'autre côté comme le montre la figure 1 ci-contre.

Soient R' et R'' les résistances dans les branches de comparaison du

pont, lorsque le galvanomètre est au zéro, et X la résistance du fil dérangé depuis le poste jusqu'au dérangement, R étant la résistance totale du circuit, on a :

$$\frac{R'}{R''} = \frac{X}{R - x},$$

et, si le circuit est homogène, l étant la longueur de la ligne et x l'éloignement du point de contact :

$$\frac{R'}{R''} = \frac{x}{2l - x}.$$

Il est avantageux, pour rendre les manœuvres plus simples et pour supprimer les calculs de façon à pouvoir confier la localisation des dérangements aux ouvriers, de remplacer les rhéostats habituellement employés pour la constitution des branches de proportion du pont par un fil divisé.

Ce fil, en maillechort, a, par exemple, une longueur de 8 à 10 mètres et une résistance de 50 ohms; il est tendu en zigzag sur une planche de 1^m,20 de longueur et 0^m,60 de largeur, comme il est indiqué à la figure 2; les divisions ont 1 mètre

de longueur et sont à leur tour subdivisées en centimètres; le courant est amené au fil par l'intermédiaire d'un crochet que l'opérateur fait glisser le long du fil.

Soient a et b les longueurs du fil de part et d'autre du crochet lorsque l'équilibre est établi, on a :

$$a : b = x : (2l - x), \quad \text{ou} \quad a : (a + b) = x : 2l,$$

et le fil constitue donc, très fidèlement, l'image du circuit, pour autant que celui-ci soit homogène.

L'emploi du fil divisé est d'ailleurs plus sûr que l'emploi des rhéostats, parce qu'avec le premier système la résistance au contact n'a aucune importance, tandis que dans le second une fiche mal enfoncée peut fausser les résultats.

Pour les circuits dont la conductibilité n'est pas uniforme, on pourrait, à la rigueur, déterminer les valeurs en se référant aux fiches de construction; mais les calculs seraient souvent insuffisants et, en tout cas, trop longs et compliqués.

Le mieux est de dresser une fiche spéciale par voie d'essai pratique; le circuit, en bon état, étant bouclé, un ouvrier crée successivement des dérangements fictifs en différents points repérés de la ligne, un second ouvrier prenant chaque fois l'image du point, sur le fil de manœuvre, et l'annotant.

On a soin de choisir les points de localisation de sorte que le diamètre du fil les reliant soit uniforme et que l'on puisse donc déterminer les points intermédiaires par une simple proportion.

La fiche dressée, la localisation des défauts devient des plus aisées et des plus rapides au moyen de la planchette.

S'il arrive que l'on ne puisse boucler le circuit à l'extrémité opposée et qu'il faille opérer en laissant en ligne l'annonceur d'appel, on ne peut plus utiliser la fiche qu'à la condition de tenir compte de ce que l'intercalation de l'annonceur réduit l'image de la ligne.

Il est facile de déduire géométriquement de la première fiche une seconde qui corresponde aux conditions nouvelles. Il suffit de considérer que si, dans les conditions premières, la longueur AB du fil de manœuvre correspond au circuit, la partie répondant A'B' telle que :

$$A'B' : AB = R : (R + R'),$$

R étant la résistance de la ligne et R' celle de l'avertisseur.

Tous les points intermédiaires sont abaissés dans une égale

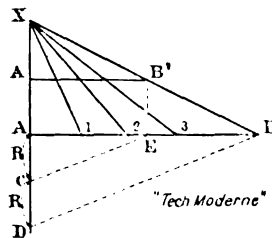


FIG. 3.
Construction géométrique.

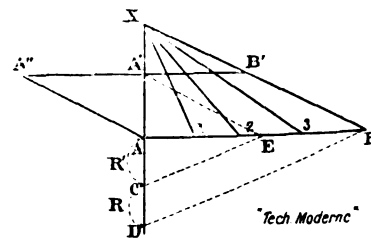


FIG. 4.
Construction géométrique.

proportion et la construction se fera comme il est montré sur la figure 3, car on a, pour le circuit bouclé :

$$a : b = X : R.$$

(1) D'après une installation ayant figuré à l'Exposition de Bruxelles (Section belge).

et pour le circuit non bouclé :

$$a' : b = X : (R + R') ;$$

d'où :

$$a : a' = (R + R') : R.$$

En raisonnant de la même façon, on voit qu'il est possible de localiser un dérangement sur un circuit dont on a la fiche, même s'il ne passe pas par le bureau qui possède le poste d'essai, en le bouclant à un circuit aboutissant à ce poste.

La construction géométrique de la fiche sera exécutée d'après le dispositif indiqué sur la figure 4.

La fiche fictive est obtenue en divisant A'B' en parties proportionnelles aux divisions de la première fiche A'B', étant elle-même déterminée par la relation :

$$AB : A'B' = (R + R') : R.$$

D'autres cas particuliers se résoudront par des procédés identiques.

Le pont est monté pour que les manœuvres soient aussi aisées que possible; les différents fils des circuits aboutissent à des jacks et les fils de connection du pont sont reliés à des fiches.

Le pont comporte un rhéostat pour permettre la détermination de la résistance des circuits, si la chose est nécessaire; ce rhéostat est court-circuité pour la localisation des dérangements. Le rhéostat est connecté à un jack et il y a aussi un jack de terre.

Le galvanomètre est, par exemple, un galvanomètre Déprez-d'Arsonval et l'on travaille avec une pile d'une cinquantaine de volts.

Nouvelle compensatrice (système Westinghouse).

Le grand intérêt qu'il y a d'augmenter le facteur de puissance dans les installations à courant alternatif est généralement connu. En corrigeant, au moyen d'une machine compensatrice,

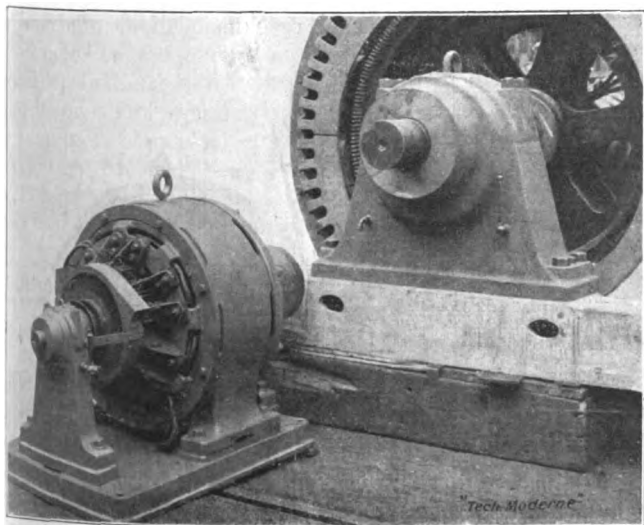


Fig. 1. — Compensatrice, système Westinghouse, et moteur à induction de 750 chevaux.

par exemple, le décalage en arrière du courant sur la force électromotrice qui se produit avec un moteur à induction, on augmente la capacité de celui-ci, on accroît son couple, on réduit les pertes dans le moteur, les canalisations et les transformateurs, on améliore la régulation, on rend l'installation capable de subvenir à une nouvelle demande d'énergie et l'on peut obtenir du moteur un couple de démarrage élevé sans perte rhéostatique. S'il s'agit d'une installation de générateurs, l'usage

d'une compensatrice permet d'employer des machines à induction, qui ont l'avantage de pouvoir être mises en ligne sans synchronisation et de pouvoir provoquer un décalage en avant, ce qui fournit les avantages techniques et économiques indiqués pour les moteurs.

La nouvelle compensatrice Westinghouse (fig. 1) est basée sur les principes indiqués, au début de 1909, par M. Miles Walker, à l'Institution des ingénieurs électriciens d'Angleterre.

Elle peut être considérée comme une excitatrice spéciale, destinée à être mise en circuit avec les enroulements rotoriques de la machine, dont on veut corriger le décalage pour y produire des courants susceptibles d'en assurer l'excitation.

Considérons, pour fixer les idées, un moteur à induction diphasé; soient W_a et W_b (fig. 2) les deux enroulements rotoriques de ce moteur.

Normalement, ces enroulements seraient simplement reliés, pour le démarrage, à des rhéostats R_a et R_b , qui sont maintenus, d'ailleurs, dans l'installation à compensatrice.

Mais, en plus de ces dispositifs, celle-ci comprend deux excitatrices $EaFa$, $EbFb$, dont les induits, établis comme des armatures ordinaires de machine à courant continu, sont mis en série dans chacune des phases et sont entraînés, soit indirectement, soit directement, par le moteur même.

Les enroulements inducteurs étant eux-mêmes insérés sur chacune des phases, il se produit, dans les armatures, des forces électro-motrices alternatives de fréquence correspondant au glissement.

Si les inducteurs et les induits étaient en circuit sur les mêmes phases, pour chaque partie, les forces électro-motrices engendrées seraient en phase avec les courants, mais, les liaisons étant au contraire inversées, la force électro-motrice produite par l'excitatrice Ea peut être décalée de 90° en avant sur le courant de la phase a et celle produite par Eb , semblablement décalée par rapport au courant de la phase b .

Il en résulte que les courants rotoriques sont décalés en avance sur les forces électro-motrices induites dans le rotor du moteur et qu'ils

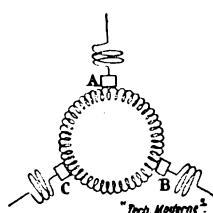


Fig. 3. — Induit de compensatrice en triangle.

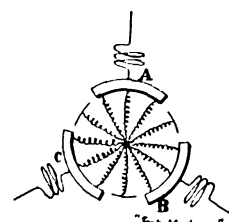


Fig. 4. — Induit de compensatrice en étoile.

peuvent donc y créer le flux magnétique et provoquer le décalage en avant des courants statoriques sur les forces électro-motrices appliquées.

Comme les induits des excitatrices ont à supporter des courants très intenses et variables, il est nécessaire, pour éviter la destruction des collecteurs, de combattre les étincelles, et c'est pourquoi les machines en question sont munies des enroulements compensateurs Ca et Cb , conformément au procédé appliqué dans les moteurs Westinghouse à courant alternatif simple pour la traction.

En pratique, les deux parties a et b sont d'ailleurs réunies; de plus, le système est surtout appliqué pour des alternateurs triphasés.

L'induit reste un induit de machine à courant continu; l'enroulement est fermé (fig. 3) ou ouvert (fig. 4); cette dernière disposition (qui correspond au montage en étoile) est préférable à la première (montage en triangle), parce qu'elle permet d'employer des balais plus larges et de travailler avec des collecteurs de

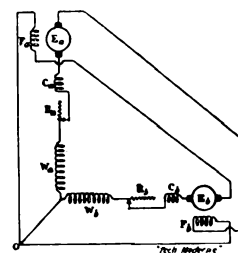


Fig. 2. — Schéma d'installation d'un altemoteur à induction diphasé avec compensatrice Westinghouse.

moindre dimension; elle est aussi plus efficace au point de vue du contrôle, les circuits induits et inducteurs étant directement en série.

Chaque circuit d'induit comprend deux parties 1-2 (fig. 5), dont l'une passe sous le pôle pC , par exemple, au moment où l'autre passe sous le pôle pB de l'inducteur, et qui comportent un nombre de tours suffisant pour assurer la production d'une force électro-motrice convenable.

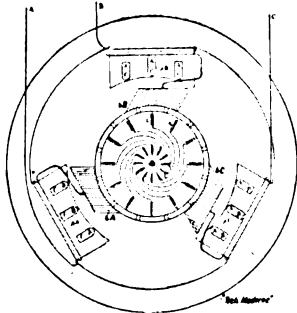


FIG. 5.— Schéma simplifié de la compensatrice.

Les balais du collecteur touchent à chaque instant les lames auxquelles sont reliées les bobines passant sous les pôles; le courant recueilli par le balais bB circule dans la bobine excitatrice du pôle pB et dans les enroulements compensateurs A de ce pôle pB et du pôle pC ; le circuit se complète sur l'enroulement de la phase B du rotor du moteur à induction.

En modifiant la vitesse de marche de la compensatrice, on modifie le décalage et, en renversant son sens de marche, on peut augmenter ou diminuer le glissement, ce qui constitue un moyen de réglage plus économique que l'emploi d'un rhéostat.

Le moteur peut d'ailleurs être utilisé à un instant quelconque comme moteur normal : la compensatrice est mise en circuit ou hors circuit à l'aide d'un seul interrupteur tripolaire.

Grâce à ses enroulements compensateurs, la machine fonctionne sans étincelle au collecteur, quelle que soit sa charge, et l'usure des balais, en charbon, n'est pas appréciable. M.

Influence de la forme de la courbe de la force électromotrice sur la durée de vie et la consommation des lampes à incandescence.

M. Kinlœ a fait une première série de recherches (*El. World*, 17.XI.10.) avec une f.é.m. à courbe sinusoïdale et une seconde série de recherches avec une f.é.m. à courbe pointue, obtenue, avec la même source d'énergie, par la mise en circuit d'une bobine d'induction dont le noyau de fer se trouvait à un haut degré de saturation. La tension efficace dans les deux cas était de 110 V, mais les valeurs maximum étaient de 155 V pour la courbe sinusoïdale et de 174 V pour la courbe pointue.

Les tableaux suivants donnent quelques résultats :

TYPES DE LAMPE	DURÉE DE VIE (EN HEURES)	
	Courbe sinusoïdale	Courbe pointue
16 B Charbon	943	860
50 W Charbon métallisé	900	760
40 W Tantale	1 063	474
25 W Wolfram	913	479
40 W Wolfram	1 904	1 155
60 W Wolfram	1 319	767

TYPES DE LAMPE	WATTS PAR BOUGIE			
	Courbe sinusoïdale		Courbe pointue	
	au début	à la fin	au début	à la fin
16 B Charbon	3,25	4,9	3,6	4,75
50 W Charbon graphité	2,45	3,04	2,54	3,28
40 W Tantale	2,0	2,75	2,13	2,85
25 W Wolfram	1,25	1,46	1,38	1,72
40 W Wolfram	1,20	1,45	1,33	1,41
60 W Wolfram	1,26	1,62	1,32	1,46

D'une façon générale, la durée de vie est plus grande et le rendement est meilleur avec une courbe sinusoïdale. L. V. B.

Aimants permanents.

L'addition de chrome au fer pur ne donne pas de bons résultats sans carbone. (D'après *Metallurgical and Chemical Engineering*, 1.1.11.)

L'alliage contenant de 5 à 6 % de chrome avec de 0,75 à 1 % de silicium et de 0,3 à 0,5 % de carbone est excellent.

Un seul alliage de molybdène fait de bons aimants permanents. Il contient 8 % de molybdène, 0,3 % de vanadium, 0,6 % de carbone. Il conserve ses propriétés magnétiques au delà de 1 000°.

Les alliages de tungstène et de fer ne valent rien, sauf celui qui contient 4 % de tungstène et 0,4 % de vanadium. Cet alliage constitue un aimant permanent parfait. A. V.

L'emploi des nouvelles unités électriques.

D'après la décision de la Conférence internationale de Londres (1908), la valeur, en volt international, de la force électromotrice de l'élément Weston normal (contenant un excès de cristaux de sulfate de cadmium) doit être déduite de l'ohm international défini comme résistance mercurielle et de l'ampère international défini par un dépôt d'argent dans un voltmètre à azotate d'argent. La valeur provisoire à 20° C. avait été fixée en 1908 à 1 0184. Le Comité scientifique international nommé à Londres décida que des expériences seraient faites au printemps 1910, au Bureau of Standards à Washington par des représentants de la Physikalisch technische Reichsanstalt d'Allemagne, du National Physical Laboratory d'Angleterre, du Bureau of Standards des Etats-Unis et du Laboratoire central d'Electricité. Le but assigné à ces recherches était de fixer la valeur qu'il convenait de prendre pour la force électromotrice du Weston, en précisant les conditions expérimentales dans lesquelles devait être effectué le dépôt d'argent. A la suite de ces mesures, le Comité international des unités électriques a décidé de recommander pour la valeur de la force électromotrice de l'étalon Weston normal, à 20° C., 1 0183 volt international. Le Laboratoire central d'Electricité, à partir du 1^{er} janvier 1911, se conformera à cette recommandation, ce qui entraîne aussi pour les mesures de résistance l'adoption de l'ohm international tel qu'il a été provisoirement réalisé dans les expériences de Washington. Cette manière de faire n'est pas contradictoire avec le décret du 25 avril 1896 sur les unités électriques en France, car cela revient à admettre que l'élément Latimer Clark a la force électromotrice 1 434 à la température de 13°,8 C., le décret n'ayant pas fixé la température à laquelle la force électromotrice de l'élément doit être mesurée.

MÉCANIQUE

Câbles en cuir à torons pour la transmission de la force motrice.

Les câbles en cuir à torons sont fabriqués avec des lanières étroites et très longues. Leur souplesse est telle qu'ils peuvent s'enrouler sans effort sur des poulies de très petit diamètre, tournant à de très grandes vitesses, avantage qui rend leur emploi très pratique pour certaines applications, comme : commandes de machines à rectifier, perceuses électriques, fraiseuses, etc.

Quelques usines hésitent cependant à les adopter, croyant indispensable l'intervention d'ouvriers spécialistes pour procéder à la jonction des câbles ou au raccourcissement de ces derniers en cas d'allongement.

M. André montre (*Bulletin Technologique*, octobre 1910) que l'épissure de ces câbles n'offre pas de grande difficulté d'exécution, qu'ils soient à deux torsions (diamètre de 10 à 25 mm.) ou à trois torsions (diamètre de 30 mm. et au-dessus).

ÉPISSURE DES CÂBLES EN CUIR A DEUX TORSIONS. — Pour faciliter l'exposition, on supposera que le câble à épisser est com-

posé de douze lanières, soit quatre par toron, et que 1 mètre en plus de la longueur développée a été réservé à chaque extrémité, afin que l'épissure s'étende sur une longueur de 2 mètres.

Avant toute autre opération, il ne faut pas négliger d'attacher une à une les extrémités de chaque toron. Il faut ensuite séparer ceux-ci jusqu'aux attaches A (fig. 1), en ayant soin de les manipuler délicatement pour ne pas les déformer, afin que la substitution des uns aux autres, qui suit, puisse se faire naturellement, sans effort, et qu'elle ne soit pas apparente.

Il faut entre-croiser les torons d'une extrémité avec ceux de l'autre, de sorte que chacun d'eux se trouve placé entre deux autres de l'extrémité opposée, et que les attaches A se touchent; puis on doit enlever celles-ci.

Pendant tout ce qui suit, il faudra éviter de tirer sur le câble afin de ne pas changer la position des torons.

On sépare du câble le toron 1, jusqu'à 95 cm. de A et on y substitue le toron 1', sur un parcours de 35 cm. Le vide de 60 cm. ainsi formé sera rempli de la façon suivante : séparer une lanière du toron 1 sur toute la longueur de celui-ci non adhérente au câble, et replacer dans le vide, sur un parcours de 20 cm., ce toron qui n'est plus composé que de trois lanières. Après en avoir séparé une seconde, placer les deux restantes dans le vide sur un nouveau parcours de 20 cm., puis séparer celles-ci et en introduire une dans le vide, jusqu'à ce qu'elle rencontre le toron 1', dans lequel on l'intercalera de façon à ce qu'elle paraisse faire partie de ce toron. Séparer de celui-ci une de ses lanières et, avec les trois autres, entourer celle du toron 1, dans tout le trajet où elle est seule dans le vide; puis, en séparant une seconde et entourer les deux lanières du toron 1 avec les deux du toron 1'. Il ne reste plus qu'à séparer celles-ci et compléter avec l'une d'elles.

Tout le vide se trouve ainsi comblé par un nouveau toron composé de lanières provenant en parties égales des torons 1 et 1'. Avec un peu de soin, ce toron peut être parfaitement formé et exactement semblable aux autres. Pour terminer, on fixe les lanières qui pendent autour du câble, en introduisant chacune d'elles entre deux autres devant elle. Il ne reste plus qu'à les couper au ras du câble. On opère de même pour les torons 2 et 2'.

Quant aux torons 3 et 3', il est facile de comprendre qu'il faut les séparer tous deux du câble sur un parcours de 30 cm. chacun, afin d'obtenir un vide de 60 cm., puis suivre la même marche que pour les autres torons.

Dans la pratique, pour faciliter le travail, avant de séparer les lanières, on coupe la partie des torons qui ne doit pas entrer dans la composition de l'épissure. Mais il est bon de laisser 10 cm., au minimum, de plus que le nécessaire.

ÉPISURE DES CABLES EN CUIR A TROIS TORSIONS. — Ces câbles sont formés par trois torons, composés eux-mêmes de trois parties que l'on nommera torons primaires pour simplifier la description. On supposera que le câble est composé de trente-six lanières, soit : douze par toron et quatre par toron primaire, et que 2 mètres ont été réservés à chaque bout, afin que l'épissure s'étende sur une longueur de 4 mètres.

On doit commencer par décâbler les extrémités jusqu'aux attaches A, puis placer les torons et enlever les attaches comme il a été indiqué pour les câbles à deux torsions.

Séparer ensuite du câble le toron 1, jusqu'à 1^m,90 de A et lui substituer le toron 1' sur un parcours de 70 cm., formant ainsi un vide de 1^m,20; puis, couper le toron 1 pour réduire sa longueur à 1^m,35 environ.

Séparer alors un toron primaire de chacun des torons 1 et 1' sur toute leur partie non adhérente au câble, et remplacer ces torons, privés d'un toron primaire, dans le vide, au milieu duquel

on les fera se rencontrer; séparer ensuite les deux torons primaires composant les torons 1 et 1' jusqu'à cette rencontre; et remplir le vide formé dans ceux-ci avec le toron primaire des torons 1 et 1' correspondant.

Dès que le toron primaire du toron 1 est engagé dans le toron 1' et le toron primaire de celui-ci dans le toron 1, il faut s'assurer que chacun de ces torons primaires est bien placé dans le vide laissé par le toron primaire correspondant, et avec lequel il doit s'épisser.

Après cette vérification, poursuivre le remplissage de chaque côté, sur un parcours de 27 cm., pour laisser un vide de 33 cm. dans chaque toron, vide qu'on comblera en séparant les lanières, puis en les assemblant comme il a été expliqué pour les câbles à deux torsions.

Cette opération faite, il reste, au milieu, deux torons primaires se touchant. Il est facile de comprendre que pour les épisser, il faut d'abord les séparer tous deux du câble de façon à former un vide de 33 cm., pour le remplissage duquel on a vu la marche à suivre, et il n'y aura plus qu'à fixer et couper les lanières comme il a été indiqué pour les câbles à deux torsions. La répétition de ce qui précède s'applique naturellement aux torons 2 et 2'.

Pour les torons 3 et 3', il faudra commencer par les couper à environ 70 cm. de A, afin de ne leur laisser que la longueur nécessaire à l'assemblage des lanières, puis les séparer du câble pour former, comme pour les autres, un vide de 1^m,20. Il ne restera plus qu'à opérer comme pour ceux-ci.

L. V. B.

Notes sur le rivetage des tôles de chaudière.

M. H. S. Jeffery donne, dans *Power* (10.I.14), quelques conseils pour l'exécution des coutures rivées de chaudières.

Bien des règles de construction indiquent que l'épaisseur des couvre-joints ne doit pas être inférieure aux 5/8 de celle des tôles de la virole; quand ces dernières mesurent de 6 à 13 mm. seulement, il est préférable de prendre des couvre-joints de même épaisseur, car un couvre-joint mince a tendance à se cintrer entre les rivets et à donner une couture non étanche.

Le jeu entre le diamètre du rivet et celui du trou peut être réduit à 0^{mm},8. Plus ce jeu est faible, mieux le métal du rivet pourra, dans le rivetage à la main, être refoulé dans son logement sur toute sa longueur, condition essentielle à l'étanchéité de la couture. Pour la même raison, les marteaux rivoirs à main doivent être lourds. Dans le rivetage à la bouterolle, il ne faut pas, pour façonner le bord de la tête du rivet, incliner la bouterolle par rapport à l'axe de ce dernier, car ses lèvres entaillent la tôle autour du rivet.

Dans le rivetage au marteau rivoir, à la bouterolle à la main ou au marteau pneumatique, la tête façonnée est généralement à l'extérieur de la chaudière; avec le rivetage hydraulique, elle est ordinairement à l'intérieur. En ce dernier cas, le métal est donc principalement refoulé dans la tôle intérieure. La façon de maintenir le rivet pendant la pose est importante. La tête du rivet doit rester en tous ses points bien en contact avec la tôle. La contre-bouterolle doit presser normalement sur le rivet de manière à ne pas déformer la tête, comme il est représenté figure 1.

Le rivetage à la bouterolle a tendance à fissurer les rivets;



FIG. 1.



FIG. 1. — Mauvaise disposition de la tête de rivet

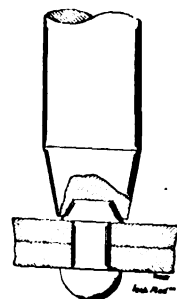


FIG. 2. — Position et forme correctes de la contre-bouterolle.

pour remédier à cet inconvénient, on donne à la contre-bouterolle une forme correspondant à celle de la tête de rivet, mais un peu moins profonde afin d'empêcher qu'elle ne vienne en contact avec la tôle, comme le représente la figure 2.

L. D.

Rupture d'un cylindre par coup d'eau.

Le cylindre représenté (fig. 1), en coupe, formait l'étage de basse pression d'une machine verticale Corliss cross-compound (diamètre des cylindres 408 et 915 mm.; course : 915 mm.; 135 tours par minute). Une nuit que le moteur travaillait à faible charge, le mécanicien s'aperçut que la pression au receiver montait jusqu'à 2 kg. 1. En inspectant la machine, il constata que le tiroir d'admission inférieur de la basse pression ne fonctionnait pas par suite d'usure des organes de commande. Aussitôt les choses remises en état, le fond de cylindre sauta avec la bride et le cylindre se fissa en divers points.

(D'après *Power*, 17.1.11.)

On pensa d'abord que de l'eau s'était accumulée dans le receiver, mais le purgeur de ce dernier fonctionnait parfaitement. On s'est alors rendu compte que la pression étant haute au receiver tandis que l'autre côté du cylindre était en communication avec le condenseur, une forte condensation s'était produite en A pendant l'immobilisation du tiroir inférieur; d'où un coup d'eau quand celui-ci passa dans le cylindre l'eau accumulée en A.

L. D.

Curieuse réparation à un cylindre à vapeur fissuré.

Voici un cas de réparation aussi ingénieuse dans ses dispositions que maladroit dans son objet. Il est signalé par la revue

Power (24.1.11).

L'enveloppe d'un cylindre de vapeur à haute pression d'une pompe à triple expansion s'étant fissurée, on voulut éviter la propagation de la fissure. Cette enveloppe était chauffée avec de la vapeur vive à 12 kg. 6. L'assemblage du cylindre au fond était assuré par des prisonniers.

Pour contreventer le cylindre en regard de la fissure, on a utilisé deux prisonniers se faisant face, en les reliant par des écrous à un tirant, en deux pièces se vissant à pas contraire, dans un manchon.

La solution ne nous semble pas à recommander, sauf comme remède provisoire en attendant le remplacement du cylindre.

L. D.

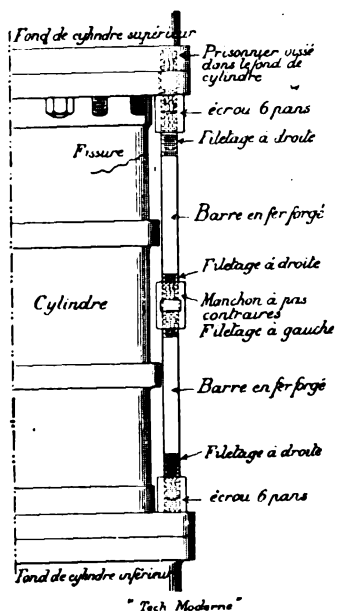


FIG. 1. — Dispositif du renforcement d'un cylindre à vapeur fissuré.

Tampon de choc pour ponts roulants.

Quand, dans un atelier, plusieurs ponts roulants sont en mouvement sur la même voie, il peut se produire, entre eux, des collisions qui, même légères en apparence, brisent les boudins des roues. Pour éviter semblables accidents, le contremaître chargé des réparations dans une usine employant quinze ponts roulants a imaginé le tampon de choc représenté ici (fig. 1 et 2).

A une fourchette flexible, fixée par ses deux branches à l'avant du bâti, est suspendu, par un boulon, un tampon de bois. Ce dernier a la largeur de la gorge de la roue en avant de laquelle il se trouve; il est profilé à un rayon de courbure un peu plus

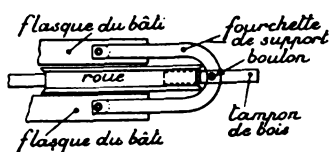


FIG. 1. — Dispositif du tampon de choc pour ponts roulants (plan).

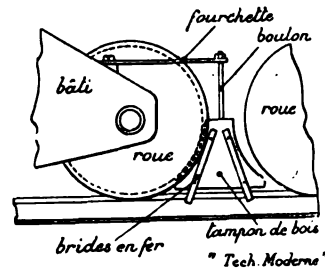


FIG. 2. — Dispositif du tampon de choc pour ponts roulants (élévation).

grand que celui de cette gorge et renforcé par des brides en fer qui, en même temps, le maintiennent à cheval sur le rail.

Quand une collision se produit, la roue non protégée d'un autre pont roulant vient heurter le tampon qui s'applique sur le rail et force la roue protégée à se soulever, ce qui contribue à amortir la vitesse. En tous cas, le heurt des boudins de roues est évité.

L. D.

Etau pour plaques.

Un étau à plaques se combinant à l'étau d'établi ordinaire est un accessoire précieux dans l'équipement de celui qui veut

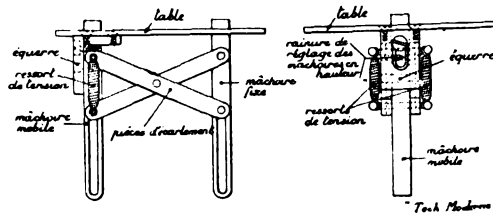


Schéma de l'étau à plaques.

FIG. 1. — Vue de face. FIG. 2. — Vue de côté.

dresser, par exemple, des calibres en tôle mince. L'étau à plaques que représentent les figures 1, 2 et 3 réalise un progrès sensible sur les outils courants de ce genre.

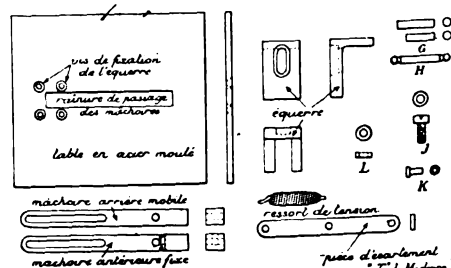


FIG. 3. — Détails de l'étau à plaques.

La pièce, placée sur la table, entre les mâchoires, est serrée en prenant les deux mâchoires entre celles d'un étau ordinaire.

Normalement, les ressorts de tension tiennent l'étau grand ouvert. Une petite rainure de l'équerre supportant la table permet de régler, entre certaines limites, suivant l'épaisseur de la pièce à dresser, la saillie des mâchoires au-dessus de cette table.

L. D.

Nouvel accouplement élastique.

Le professeur Stauber, de Charlottenburg, a imaginé un accouplement élastique sur des principes entièrement nouveaux, permettant, notamment, la transmission de grandes puissances et le renversement de marche sans choc. La figure 1 montre la construction de cet accouplement. Les deux parties en sont réunies par des ressorts d'acier en V, dont les extrémités sont encastrées et assurées par des goujons dans un même plan radial pour chaque lame. Ces ressorts sont disposés moitié

dans un sens et moitié dans l'autre, de manière à rendre l'accouplement symétrique et à offrir des conditions identiques pour l'entraînement dans les deux sens.

L. D.

MÉTALLURGIE ET TRAVAIL DES MÉTAUX

L'élargissement des métaux pendant le laminage.

Le laminage est produit par deux corps cylindriques (cylindres) tournant en sens inverse l'un de l'autre. Ces cylindres saisissent la pièce à travailler, l'entraînent en exerçant sur elle une pression et l'abandonnent ensuite. La pression exercée détermine une modification interne du métal et une déformation extérieure de la

Cette théorie et la formule de Brovot sont inexactes, en ce qui concerne le laminage à chaud du fer. Elles ne tiennent pas compte du diamètre des cylindres. Or, l'expérience montre que l'élargissement est fonction de ce diamètre : des cylindres de grand diamètre donnent, en effet, un élargissement plus grand que des cylindres de diamètre plus faible, tandis que d'après Brovot cet élargissement devrait être le même.

Kirchberg donne une formule empirique, permettant le calcul de l'élargissement en fonction :

- 1° De la pression des cylindres;
- 2° De l'angle au centre de contact;
- 3° D'une constante.

L'expérience montre que cette formule est encore inexacte; elle donnerait, en effet, pour des barres d'épaisseurs différentes, toutes autres conditions égales d'ailleurs, des élargissements égaux, ce qui est contraire à la réalité.

Malgré leur importance capitale pour le laminage, les lois suivant lesquelles se produit cet élargissement sont donc peu connues. Les opinions des lamineurs eux-mêmes sont très variables. Les expériences d'Ernst Scheld éclairent d'un jour nouveau ce phénomène et, à ce titre, présentent un grand intérêt.

Parmi les lamineurs, on trouve communément répandue l'opinion suivante à laquelle se rangeait Brovot : l'élargissement du métal est fonction de sa température de laminage. La première expérience (voir tableau I) montre que cette manière de voir est erronée. L'auteur prend une barre de fer soudable, la porte à la température du blanc soudant et la coupe ensuite à la cisaille en deux parties. Il lamine aussitôt la première, laisse refroidir la deuxième jusqu'à la température de 900° environ et la lamine ensuite. A l'exception de la température, les autres conditions du laminage des deux éprouvettes restaient les mêmes. Pour la détermination de l'élargissement linéaire, il emploie la méthode suivante : il détermine, au moyen du planimètre, les surfaces d'une section droite de la barre avant et après la passe. Il en déduit par le calcul l'élargissement linéaire, en tenant compte de la formation d'oxyde des battitures qui se détache sous forme de

TABLEAU I.

N°	TEMPÉRATURE de laminage	QUALITÉ du métal	DIAMÈTRE des cylindres	HAUTEUR avant la passe	LARGEUR avant la passe	HAUTEUR après la passe	LARGEUR après la passe	PRESSIION	ÉLARGISSEMENT
1	Blanc soudant 1.400 : 1.500°.	Fer soudable.	310 mm. cylindre supérieur. 305 mm. cylindre inférieur.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
2	Rouge-cerise environ 900°.	Fer soudable.	310 mm. cylindre supérieur. 305 mm. cylindre inférieur.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.

pièce. Cette déformation extérieure se produit suivant deux directions. Tout d'abord, la barre laminée subit une déformation dans le sens de sa longueur : elle s'allonge ; elle subit en même temps une modification dans le sens de sa largeur : elle s'élargit. Ces phénomènes d'allongement et d'élargissement se produisent suivant des lois déterminées dont la connaissance est capitale pour le lamineur. En particulier, il est indispensable de connaître exactement l'élargissement dans le tracé des cannelures pour la détermination de la largeur à donner à ces cannelures et la position à donner aux cylindres pendant chaque passe.

Brovot⁽¹⁾ détermine par le calcul cet élargissement, en partant de la théorie du glissement. Il trouve que l'élargissement est fonction :

- 1° De l'épaisseur de la barre avant la passe ;
- 2° De l'épaisseur de la barre après la passe ;
- 3° De l'angle de glissement.

⁽¹⁾ D'après *Stahl und Eisen*, n° 10, 1910.

pellicules. Il trouva que l'élargissement restait le même, malgré le grand écart des températures de laminage.

La pratique montre cependant que le laminage d'une barre froide, toutes les autres conditions restant les mêmes, se produit avec un élargissement plus grand que celui d'une barre identique, mais plus chaude. L'explication de ce phénomène réside dans ce fait qu'une barre froide fait, en terme de lamineur, « sauter » beaucoup plus les cylindres qu'une barre chaude et que la résistance offerte à ce saut est bien moindre dans les cages dégrossisseuses que dans les cages finisseuses. Prenons, par exemple, le cas du laminage d'un feuillard et considérons les passes, correspondant à la cage à cannelure profilée (cage dégrossisseuse), de deux barres identiques, mais de températures différentes. Le saut des cylindres, pour la barre froide, aura une amplitude plus grande que pour la barre chaude. Le plat obtenu avec la barre froide aura donc une épaisseur plus grande que celui obtenu avec la barre chaude. Ces deux plats, passés à la cage polisseuse, dont les cylindres, en raison de la solide fixation

de leurs empoises, ne permettent qu'un saut d'amplitude très faible, seront soumis à des pressions différentes. La barre froide, laminée avec une pression plus grande que la barre chaude, subira donc un élargissement plus grand que cette dernière.

Considérons maintenant le laminage d'un rond ou d'un carré.

L'élargissement est-il fonction de la qualité du métal laminé? Pour un grand nombre de praticiens, l'élargissement devait varier en sens inverse de la dureté. L'auteur procéda à une série d'expériences dans lesquelles il laminait, dans les mêmes conditions, des éprouvettes de métal de dureté et d'allongement diffé-

TABEAU II. — RÉSULTAT DES EXPÉRIENCES RELATIVES À L'INFLUENCE DE LA QUALITÉ DU MÉTAL SUR L'ÉLARGISSEMENT.

N°s	NATURE du métal	RÉSISTANCE en kg. par m ²	ALLONGEMENT sur 200 ^{mm}	DIAMÈTRE des cylindres	HAUTEUR avant la passe	LARGEUR avant la passe	HAUTEUR après la passe	LARGEUR après la passe	PRESSIION	ÉLAR-GISSEMENT
			mm.		mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1	Fer soudable.	36,0	21,5	269 mm. cylindre supérieur. 266 mm. cylindre inférieur.	30,0	30,0	23,5	32,0	6,5	2,0
2	—	39,5	25,0		"	"	"	31,9	"	1,9
3	Acier Thomas.	40,5	30,5	"	"	"	"	32,0	"	2,0
4	—	44,9	28,0	"	"	"	"	32,0	"	2,0
5	Acier Martin-Siemens.	50,7	22,5	"	"	"	"	31,9	"	1,9
6	—	60,0	16,5	"	"	"	"	32,1	"	2,1
7	—	65,9	15,5	"	"	"	"	32,0	"	2,0
8	—	71,7	14,0	"	"	"	"	32,0	"	2,0
9	—	78,8	11,0	"	"	"	"	32,0	"	2,0
10	—	118,8	3,0	"	"	"	"	32,1	"	2,1

La hauteur du losange ou de l'ovale sera plus grande pour une barre froide que pour une barre chaude (toujours par suite du saut plus grand des cylindres). Tournons maintenant la barre de 90° et introduisons-la dans la cannelure finisseuse. Les pressions sont sensiblement les mêmes pour les deux barres, les hauteurs sont les largeurs et les largeurs les hauteurs de la passe

rents. Il a trouvé que l'élargissement était le même pour toutes les éprouvettes (voir tableau II). Les écarts extrêmes 0^{mm},2 que l'on peut observer doivent être attribués, soit à des oxydations variables des différentes éprouvettes, soit à d'autres circonstances accidentelles.

La vitesse initiale des cylindres a-t-elle une influence sur

TABEAU III. — INFLUENCE DE LA VITESSE INITIALE DES CYLINDRES SUR L'ÉLARGISSEMENT.

N°s	NOMBRE DE TOURS par minute	DIAMÈTRE des cylindres	HAUTEUR avant la passe	LARGEUR avant la passe	HAUTEUR après la passe	LARGEUR après la passe	PRESSIION	ÉLAR-GISSEMENT
			mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1	105	250 mm. cylindre supérieur.	12,0	20,0	10,0	20,5	2,0	0,5
2	245	245 mm. cylindre inférieur.	12,0	20,0	10,0	20,4	2,0	0,4
3	550	"	12,0	20,0	10,0	20,5	2,0	0,5

précédente. Pendant la passe finisseuse, on lamine donc sous des pressions égales, des barres de largeurs différentes, la barre froide étant plus large. Cette dernière sortira donc de la cannelure finisseuse plus large que la barre chaude.

En résumé, l'élargissement dû au laminage est plus grand pour

TABEAU IV. — INFLUENCE DE LA LARGEUR DE LA BARRE SUR L'ÉLARGISSEMENT.

N°s	HAUTEUR avant la passe	LARGEUR avant la passe	HAUTEUR après la passe	LARGEUR après la passe	PRESSIION	ÉLAR-GISSEMENT
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1	14,0	6,25	10,0	8,0	4,0	1,75
2	14,0	12,5	10,0	14,1	4,0	1,6
3	14,0	25,0	10,0	26,8	4,0	1,8
4	14,0	50,0	10,0	51,8	4,0	1,8
5	14,0	100,0	10,0	101,7	4,0	1,7
6	14,0	200,0	10,0	201,5	4,0	1,5

une barre froide que pour une barre chaude identique, non parce que sa température est plus basse, mais bien parce que la passe finisseuse s'effectue soit avec une pression plus grande, soit sur une barre déjà plus large.

l'élargissement, comme l'admet Ledebur? Dans une troisième série d'expériences, l'auteur lamine trois éprouvettes identiques dans les mêmes conditions, en faisant varier la vitesse seule. Les élargissements restèrent les mêmes (voir tableau III).

Afin de déterminer si la largeur de la barre a une influence sur l'élargissement, l'auteur procéda à une quatrième série d'expé-

TABEAU V. — INFLUENCE DE L'ÉPAISSEUR DE LA BARRE SUR L'ÉLARGISSEMENT.

N°s	HAUTEUR avant la passe	LARGEUR avant la passe	HAUTEUR après la passe	LARGEUR après la passe	PRESSIION	ÉLAR-GISSEMENT
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1	9,0	50,0	5,0	53,5	4,0	3,5
2	14,0	50,0	10,0	51,8	4,0	1,8
3	24,0	50,0	20,0	51,0	4,0	1,0
4	44,0	50,0	40,0	50,5	4,0	0,5

riences. Il prit six éprouvettes de même hauteur et de largeurs différentes et les lamine dans les mêmes conditions. Aux inévitables erreurs d'expérience près, il trouva que les élargissements étaient sensiblement les mêmes (voir tableau IV).

La pratique montre que l'élargissement varie avec la hauteur

de la barre et que cet élargissement est d'autant plus grand que la hauteur de la barre après la passe est plus faible. C'est pour cette raison que l'on emploie des cylindres différents pour le laminage de feuillets ou de plats de même largeur et donne aux cannelures des premiers un élargissement plus grand qu'à celles des seconds.

L'auteur détermine la loi suivant laquelle varie l'élargissement en fonction de l'épaisseur de la barre de la façon suivante : il prend quatre barres de même largeur, les lamine sous la même pression à l'aide de cylindres semblables. Il opère de façon que la hauteur d'une barre après passe soit égale au double de la hauteur après passe de la barre précédente. Les résultats de cette expérience, consignés dans le tableau V, montrent que l'élargissement linéaire d'une éprouvette était sensiblement égal à la moitié de l'élargissement linéaire de l'éprouvette précédente, c'est-à-dire que l'élargissement superficiel était sensiblement le même dans les quatre cas. Il en résulte que pour des cylindres identiques, travaillant sous une même pression, le refoulement latéral est constant. Ceci nous explique pourquoi les rebuts augmentent dans de grandes proportions lorsqu'on veut laminer des profilés plus épais en se servant de cannelures pour profilés d'épaisseurs plus faibles. Le refoulement latéral superficiel est bien le même dans les deux cas, mais l'élargissement linéaire variant en sens inverse de l'épaisseur, la cannelure n'est pas remplie dans le cas du profilé lourd, les arêtes de ce dernier ne sont plus vives, et peuvent, les circonstances aidant, se gercer.

(A suivre.)

M. PICARD,
Ingénieur des Arts et Manufactures

Laminage des fers en Γ .

M. Holzweiler compare, dans *Stahl und Eisen* (12 janvier 1914), les deux procédés de laminage le plus en usage actuellement.

Dans le premier procédé, on dégrossit comme pour le laminage d'une poutrelle. Aux passes suivantes, on refoule le métal du dos en a (fig. 1).

Le second, préconisé par Brovot, pour le laminage des fers en Γ de 260 à 300 mm., consiste à traiter le lingot dans les premières passes comme pour un large plat, et à replier les extrémités aux passes suivantes.

La comparaison de ces deux procédés est faite pour les deux profils allemands les plus répandus de 300×100 et 300×75 . Le point de vue auquel l'auteur se place est le suivant : il est avantageux d'avoir un parc de cylindres de rechange aussi réduit que possible.

Cette condition est réalisée en faisant servir les mêmes cylindres au laminage de profils différents, principalement les cylindres préparateurs.

Le procédé de Brovot exige, pour les deux profils précités, quatre cages duo, soit huit cylindres, et tous les cylindres doivent être changés quand on peut passer d'un profil à l'autre.

Le premier procédé n'exige que cinq cages duo pour l'ensemble des deux profils, et il suffit de changer les cylindres d'une seule cage pour passer d'un profil à l'autre. Un autre avantage, c'est que le dégrossisseur de ce train permet l'obtention d'ébauches de moins de 100 mm. de côté pour profil quelconque. L'avantage appartient donc nettement à ce procédé.

L'auteur conseille d'employer le plus possible les cannelures ouvertes pour les fers en Γ à grande largeur d'aile et d'intercaler quelques cannelures fermées pour améliorer le fini. Par contre, pour les fers en Γ de faible largeur d'aile, il convient d'employer surtout les cannelures fermées.

La position de la ligne de laminage par rapport aux cannelures est importante. Si la région de la cannelure où est déve-

loppée la plus grande pression entre les deux cylindres est à inégale distance des axes, et si le métal est déjà un peu froid, il y a entraînement d'un cylindre par l'autre, comme si la zone de plus grande pression jouait le rôle d'engrenage. L'un des cylindres tourne avec une vitesse angulaire supérieure à celle de l'autre. Son trèfle prend de l'avance par rapport au manchon correspondant, et il en résulte un choc quand le laminage de la barre engagée est terminé. Pour éviter cela, on place convenablement la ligne de laminage par rapport à l'âme (fig. 2). Si la plus grande pression s'exerce sur l'âme, la ligne de laminage — — — est placée au milieu de la hauteur de l'âme. Si la plus grande pression s'exerce sur l'aile, la ligne de laminage est placée au milieu de la hauteur de l'aile. Pour les cas intermédiaires, on a des positions intermédiaires de la ligne de laminage.

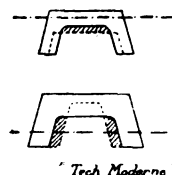


FIG. 2.

Usinage de disques

Les figures 1, 2 et 3 ci-dessous représentent, d'après *American Machinist*, des mors et dispositifs spéciaux qui permettent de dresser et tourner des disques minces en acier doux moulé et forgé variant entre 76 et 168 mm. de diamètre, et 6,5 et 9,5 mm. d'épaisseur.

Pour dresser ces disques sur le tour, on les monte sur le plateau à l'aide de trois mors semblables à celui de la figure 1. On remarquera l'inclinaison du mors, ainsi que sa forme tranchante et en croissant, dont le rayon de courbure permet de ne tenir le disque que par les deux pointes. Quand on veut enlever ou retourner la

FIG. 1.

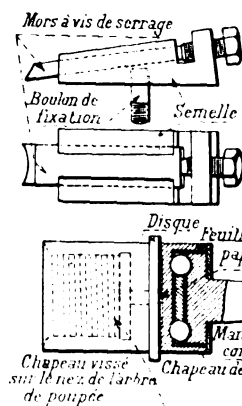


FIG. 2.

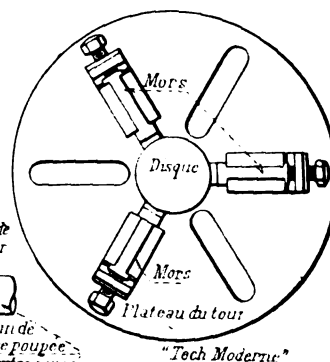


FIG. 3.

pièce, il suffit de desserrer l'un des mors. Afin d'éviter les flexions élastiques, les mors ne sont serrés que très légèrement pour les passes de finissage qui sont, d'ailleurs, doublées pour faire disparaître les effets dus aux tensions développées par le forgeage.

Pour tourner la tranche des disques, on les serre entre un chapeau en fonte, soigneusement dressé, vissé sur le nez de la poupée, et un chapeau monté sur un mandrin de contre-poupée. Mais on interpose, entre ce dernier chapeau et le disque à tourner, une feuille de papier qui fournit un frottement suffisant pour entraîner la pièce. Le chapeau de contre-poupée presse sur son mandrin par l'intermédiaire d'une butée à billes. Les passes sont, évidemment, très légères.

L. D.

Fonderie des très grandes pièces.

Mouler, noyauter et couler certaines pièces énormes de la fonderie d'aujourd'hui devient un problème intéressant, qu'elles

soient en fonte ordinaire, en acier coulé ou autre ; voici les renseignements que nous trouvons dans *American Machinist* sur la fabrication de ces grosses pièces :

L'une d'elles, destinée au corps de pompe des réservoirs de Baltimore, avait environ 2^m.20 de diamètre, 2^m.50 de hauteur, et était munie de très fortes tubulures de 1^m.25, soit une longueur totale de 4 mètres ; son modèle fut fait en deux morceaux, ce que l'on préféra au troussage ; la partie inférieure des moitiés de modèle fut fixée sur des plates-formes métalliques, sur lesquelles on bâtit des briquetages au-dessus du sol ; c'est en résumé une maçonnerie qui remplace les châssis et qui permet, tout comme ceux-ci, de placer les noyaux et de sécher le moule.

Les plateaux portaient des anneaux de suspension, de telle sorte que la grue pût les descendre dans la demi-fosse creusée dans le sol de l'atelier ; leur plan de réunion correspond au niveau moyen de la fonderie. Contrairement à l'habitude que l'on a de les exécuter en sable par des moyens plus coûteux, les noyaux sont briquetés et garnis de la même manière et posés en place par la grue ; comme, en outre, l'épaisseur du noyau intérieur n'est que de 12 à 15 cm., le centre est complètement libre et laisse échapper les gaz ainsi qu'un évent ; sur le côté est disposé un tuyau gagnant le fond du moule ; c'est par là qu'a lieu la coulée avec toutes les précautions habituelles de surcharge.

Pour verser le métal, on se sert d'une poche contenant 14.000 kg. très chauds, alors que la pièce précitée devait peser 10.000 kg. ; cette poche est manœuvrée par des mécanismes au moyen desquels on lui donne toutes les inclinaisons convenables.

C'est par cette méthode originale qu'ont été obtenus des raccords de 4 mètres de hauteur, à tubulures à 45°, de 2^m.75 de diamètre et 5 cm. d'épaisseur, ou d'énormes engrenages en acier coulé ayant 126 dents, un diamètre de 6^m.50, huit bras et une jante de 60 cm.

L. R.

Nouveau procédé pour la préparation industrielle du fer pur.

L'Office des brevets des Etats-Unis a récemment délivré deux brevets relatifs à un nouveau procédé de fabrication de fer d'une pureté exceptionnelle. Il consiste à éliminer presque complètement les impuretés de la charge d'un four Martin (fer et riblons) par addition de substances appropriées, en poussant l'affinage jusqu'à ce que la teneur en soufre, phosphore, carbone, silicium et manganèse soit inférieure à 0,14 % ; il faut opérer à haute température ; le métal est ensuite coulé dans une poche, puis désoxydé et débarrassé des gaz dissous par l'aluminium.

Ce procédé est basé sur cette hypothèse que le fer fondu ne peut dissoudre plus de 0,30 % d'oxygène, d'où la possibilité d'éliminer toutes les impuretés par l'emploi d'un excès de minerai ; l'excès d'oxygène est ensuite éliminé par l'aluminium, qui fait tomber la teneur de ce gaz à 0,05 % et parfois à 0,01 %.

Le métal obtenu est supérieur aux meilleurs fers de Suède ; il est totalement exempt de scories. La composition est la suivante : carbone, 0,010 % ; manganèse, 0,003 ; silicium, 0,002 ; soufre, 0,015 ; phosphore, 0,001 % ; oxygène, 0,012 % ; densité, 7,95.

Au point de vue de la corrosion, il donne des résultats remarquables par rapport à l'acier, comme le montre l'essai suivant : des copeaux de même grosseur de ce fer et d'un échantillon d'acier Bessemer furent traités à 70° par une solution d'acide sulfurique à 25 % ; au bout de trente minutes, l'acier était complètement dissous, et le fer n'avait perdu que 0,3 % de son poids. Comparé à l'acier Martin, il s'est montré vingt fois plus résistant que ce dernier à l'attaque sulfurique.

P. B.

Nouvel antifriction.

Pour supporter de très fortes pressions, J. R. Stratton, de New-Brunswick, préconise l'antifriction suivant : cuivre, 1,7 % ; étain, 5,8 % ; plomb, 9,8 % ; zinc, 82 % ; antimoine, 0,7 %.

Nouvel alliage de cuivre ayant la dureté de l'acier et une résistance considérable à la traction.

Il est obtenu de la façon suivante : On fond pendant une heure 5 kg. de chrome avec 5 kg. d'aluminium, puis on ajoute 110 kg. de cuivre. On porte le tout à la température de fusion pendant une demi-heure. Ensuite, ce mélange additionné de 25 kg. de nickel est maintenu, également en fusion, durant une heure. On termine en adjoignant 20 kg. de zinc.

On peut faire varier légèrement, d'après *Metallurgical and Chemical Engineering* (1.11), les proportions réciproques de cuivre et de chrome, mais l'ordre dans lequel les métaux sont fondus et la proportion d'aluminium doivent être invariables. La charge de rupture à la traction d'un tel alliage est de 40 tonnes par centimètre carré.

A. V.

MINES

Sondage de la Chazotte et du Gros.

Entrepris pour la recherche, sous le bassin de Saint-Etienne, des couches de Rive-de-Gier, ces deux sondages, dont l'un est aujourd'hui terminé et l'autre en voie d'exécution, ont été poursuivis par le procédé Brejcha, dont les caractéristiques sont :

1° Le mode spécial de sertissage des diamants dans des barrettes amovibles dans le bit, et l'emploi de diamants blancs de faible valeur (20 francs le carat. Dépense au mètre : 60 francs en moyenne) ;

2° L'injection inverse, l'eau entrant par le trou de sonde et sortant par la tuyauterie, d'où l'avantage énorme d'entraîner des morceaux assez gros, que le rodage n'a pas besoin de réduire en farine, et de soulager les carottes qui se brisent bien moins facilement ;

3° Consolidation des terrains par cimentage. Si le terrain est perméable et fissuré, l'eau d'injection est un lait de ciment (c'est pourquoi l'injection inverse est nécessaire ; la pression étant de 4 à 5 kg., le lait pénètre dans les fissures et les bouches.

A la Chazotte, où les terrains étaient généralement solides, on s'est contenté d'obturer (fig. 1) des cavités C (produites notamment par le déchaussement des galets de poudingue), sujettes à éboulement. On fore généralement à l'eau pure ; quand une cavité C est reconnue, on descend un bouchon B, légèrement conique, de ciment prompt, on le colle avec un peu de ciment, et on remplit, de B en B', par un lait de ciment descendu par les tubes. Une fois la prise faite, on fore le ciment (en inversant l'injection pour favoriser le bris des carottes et éviter la remontée des tiges).

La cimentation est remarquable pour la conservation du diamètre. Le trou a été tubé jusqu'à 100 mètres, le bit avait alors 78 mm. ; au fond du trou, à 1152 mètres, il avait encore 73,5 mm. Il faut dire que les terrains étaient solides.

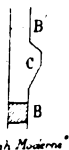


Fig. 1.

Accidents dus à l'exploitation électrique des mines en Prusse.

La *Zeitschrift für das Berg-Hütten im Salinenwesen im Preussischen Staate* publie un relevé des accidents produits en 1909

par l'électricité dans les mines de Prusse. Ces accidents, au nombre de 25, sont caractérisés par districts sur le tableau suivant :

DISTRICTS	CARACTÈRE de l'accident	NOM- BRE	COURANT			CAUSE		
			Continu au-dessous de 250 V.	Alternatif		Faute personnelle	Faute étrangère (défaut d'installation, etc.)	Fatalité
				au-dessous de 250 V.	au-dessus de 250 V.			
Kattowitz.	Mort . . . Blessures .	3 0	1 "	1 "	1 "	" "	3 "	" "
Halle.	Mort . . . Blessures .	1 3	" "	" 1	1 2	" 2	1 1	" "
Clausthal.	Mort . . . Blessures .	1 1	" "	" 1	1 "	1 "	" "	" 1
Dortmund.	Mort . . . Blessures .	11 4	2 1	3 1	6 2	7 4	4 "	" "
Bonn.	Mort . . . Blessures .	" 1	" "	" "	" 1	" 1	" "	" "
Totaux.	Mort . . . Blessures .	16 9	3 1	4 3	9 5	8 7	8 1	0 1

Donc, 21 de ces accidents sont dus au courant alternatif ou triphasé, 14 ont eu lieu pour des tensions supérieures à 250 volts. Ces accidents mortels se sont produits dans 9 cas pour du courant alternatif au-dessous de 250 volts, dans 5 cas pour du courant alternatif au-dessus de 250 volts et dans 3 cas pour du courant continu au-dessous de 250 volts. Ces 3 derniers ont été la conséquence d'un contact avec un conducteur de chemins de fer de mine et montrent que l'on ne doit pas considérer comme inoffensif le courant continu à basse tension. Par contre, le courant à haute tension n'est pas toujours mortel, puisqu'un homme a pu supporter un contact de 10 000 volts sans mourir.

L. V. B.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE¹

La machine frigorifique à vide Westinghouse-Leblanc.

Le principe et la description sommaire de cette machine ont été donnés, au cours des articles d'ensemble sur la *production industrielle de la frigorie* publiés dans *La Technique Moderne* (¹). Mais depuis le moment où ces articles ont paru, la machine imaginée par Maurice Leblanc qui, à la fin de 1909, n'en était guère qu'à la période de mise au point, ayant reçu des applications industrielles importantes et subi quelques modifications de forme, il est intéressant d'en faire maintenant la description détaillée.

Cette machine repose sur le même principe utilisé dans l'expérience de Leslie de 1811, et dans la machine à glace d'Ed. Carré de 1857, et consistant à produire les frigories en évaporant par le vide une solution aqueuse. Mais elle diffère essentiellement de ces appareils anciens et des machines à vide employées actuellement en Amérique en ce que l'eau évaporée, au lieu d'être absorbée par de l'acide sulfurique concentré, est évacuée par entraînement mécanique. Il en résulte une grande simplification puisqu'il n'y a plus à s'occuper de l'opération de la reconcentration de l'acide sulfurique dilué, qui existe dans les machines américaines. Si l'on n'avait pas envisagé jusqu'à présent cette solution, c'est qu'il semblait impossible d'évacuer

pratiquement, par des moyens mécaniques, les volumes énormes que représente la vapeur d'eau évaporée à des températures basses (parce que le point d'ébullition de l'eau : 100°, est beaucoup plus élevé que celui des autres gaz liquéfiés employés dans les machines à compression : — 10°, — 25°, — 35°, — 78° pour l'acide sulfureux, le chlorure de méthyle, l'ammoniaque et l'acide carbonique). Cela était en effet tout à fait impossible avec des pompes à piston et n'a pu être réalisé qu'en ayant recours à des appareils entièrement différents : les éjecteurs qui, en raison des vitesses énormes acquises par les fluides dans ces appareils, permettent des écoulements de vapeur considérables dans des organes de faibles dimensions. Encore a-t-il fallu, pour obtenir le vide élevé nécessaire (3 mm. pour obtenir une réfrigération à — 5° et moins de 1 mm. pour atteindre — 2°), associer généralement à un éjecteur à vapeur un éjecteur spécial à eau, alimenté par une sorte de turbine renversée, créée quelque temps auparavant pour les condenseurs de turbines à vapeur ; ces deux appareils qui, séparément, seraient insuffisants, donnent le résultat cherché lorsqu'ils sont accouplés en série.

La machine frigorifique Westinghouse-Leblanc permet une utilisation plus simple des frigories que dans les machines à compression. Tandis que, dans ces derniers appareils, le liquide frigorigène évaporé, tel que l'ammoniaque, ne peut généralement pas être employé directement et sert seulement à refroidir une saumure, dans la machine Leblanc, c'est la saumure qui est refroidie directement et constitue le liquide frigorigène. En même temps, elle est *concentrée* par le jeu naturel de la machine à vide ; cette particularité dispense de reconcentrer au feu la saumure qui, dans les frigorifères à ruissellement, s'hydrate assez vite au contact de l'humidité de l'air et des produits à réfrigérer ; ici, au contraire, il faut toujours rajouter une certaine quantité d'eau dans la saumure réchauffée avant de l'envoyer se refroidir.

Au début de la construction des machines Leblanc, on produisait la condensation de la vapeur d'eau enlevée à la saumure dans l'éjecteur à eau lui-même. Cette disposition (qui était celle de la machine à *éjecto-condenseur* dont la vue extérieure a été représentée dans *La Technique Moderne* (¹), n'a été appliquée que dans une installation, dans la fabrique de produits chimiques Gillet, de Lyon, pour refroidir un produit de teinturerie à + 8° seulement. Dans toutes les autres installations exécutées ensuite, on a effectué la condensation de la vapeur d'eau enlevée à la saumure dans un condenseur séparé, à mélange ou à surface, dont la pompe à vide est constituée par un éjecteur à liquide ; cette nouvelle disposition a permis de réaliser facilement des machines frigorifiques puissantes pour basses températures, ce qui n'aurait pas été possible avec le simple éjecto-condenseur, applicable seulement aux petites installations à températures assez élevées.

La figure 1 donne le schéma d'une machine frigorifique Leblanc avec condenseur à mélange à contre-courant, telle que celle installée aux mines de Béthune ; toutes les autres installations sont faites à peu près sur le même modèle, sauf pour le condenseur qui peut être à surface. La saumure réchauffée sortant du réfrigérant R se rend dans un bac de dilution SD, où un robinet à flotteur amène de l'eau douce quand le niveau dans le bac s'abaisse au-dessous d'un certain point. La saumure convenablement diluée est aspirée par le tuyau SC dans le haut de l'évaporateur A, en raison du vide existant dans celui-ci. Cet évaporateur est formé d'un corps cylindrique B portant, à sa partie supérieure, une plaque finement perforée par laquelle la saumure réchauffée tombe en filets minces. Sous l'influence du vide qui règne dans l'évaporateur, cette saumure abandonne en tombant de la vapeur d'eau froide, qui s'échappe par la chemise annulaire entourant le corps cylindrique B et monte par la tubulure AE. Pendant ce temps, la saumure, refroidie par con-

¹ Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 13 (décembre 1909), p. 615.

(¹) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 13 (décembre 1909), p. 615.

la condensation est aspirée d'elle-même, en raison du vide, par le tuyau Q, plongeant dans une bache, située en sous-sol; elle peut aussi être fournie par une conduite à haute pression. L'éjecteur à eau F et la turbine à eau PF qui l'alimentent sont situés au-dessous du condenseur; mais ils ont un volume si réduit qu'on les voit à peine sur la figure, non plus que la pompe d'évacuation PC du condenseur. Sous le massif supportant les deux évaporateurs se trouvent deux pompes à saumure, une pour chaque sorte de saumure P₁S et P₂S. Ces quatre pompes sont commandées par un seul arbre au bout duquel est accouplé un moteur électrique blindé M de 15 chevaux.

La machine Leblanc a l'avantage de ne comporter que des pièces robustes et ni soupapes, ni clapets sujets à usure rapide. L'absence de bruit est aussi, dans certains cas, une qualité appréciable, par exemple sur le *Suffren* et sur les sept gros cuirassés du type *Danton* actuellement en construction, où l'on a fait une application intéressante de cette machine frigorifique pour le refroidissement des soutes à munitions. La saumure refroidie

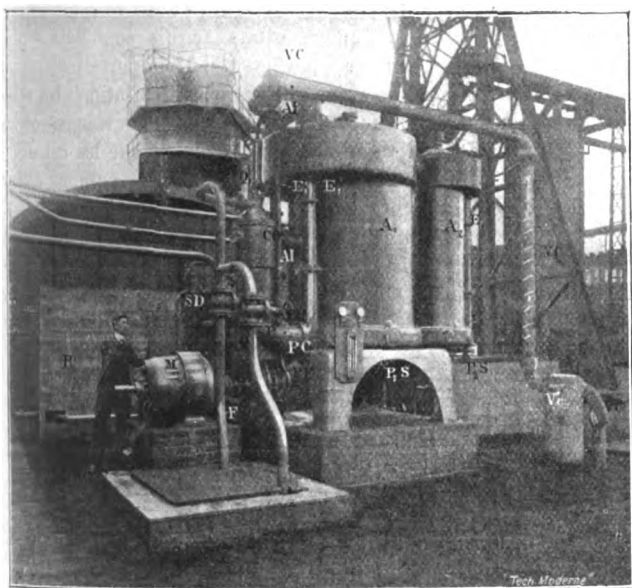


FIG. 2. — Installation d'une machine frigorifique double Leblanc-Westinghouse aux mines de Béthune. — A₁, gros évaporateur pour un réfrigérant de benzol R; A₂, petit évaporateur pour fabrication de glace; VC, arrivée de vapeur chaude aux éjecteurs; V.C., purgeur de la conduite de vapeur; E₁, E₂, éjecteur double à vapeur du gros évaporateur; E₂, éjecteur du petit évaporateur; CO, Condenseur unique à mélange; E₁, arrivée dans le condenseur de la vapeur d'eau froide enlevée à la saumure; Q, tuyau d'aspiration d'eau pour la condensation; AI, tuyau produisant l'aspiration dans le condenseur; PF, pompe-turbine de l'éjecteur à liquide; F, éjecteur à liquide; M, moteur électrique actionnant les pompes; PC, pompe centrifuge d'évacuation du condenseur; P₁S, pompe de circulation de la saumure du gros réfrigérant; P₂S, pompe de circulation de la saumure du petit réfrigérant à glace; SD, bac de dilution de la saumure desservant en même temps l'éjecteur à liquide.

dans la machine frigorifique sert à rafraîchir, à une température de quelques degrés au-dessus de 0, de l'air passant dans un aéro-réfrigérant et circulant dans les soutes, où l'on évite ainsi les élévations de température des poudres auxquelles on a attribué la perte de l'*Iéna*. La machine frigorifique se trouve à côté du poste de télégraphie sans fil, ce qui n'aurait certainement pas été possible avec des machines à piston. L'absence de tout produit chimique, tel qu'ammoniaque ou acide carbonique, pouvant donner lieu à des fuites dangereuses, est également avantageuse sur les navires.

Le *Suffren*, le *Danton*, le *Mirabeau*, le *Diderot*, le *Condorcet*, le *Vergniaud* possèdent chacun deux éjecteurs de respectivement 20 000 et 10 000 frigories-heure; le *Courbet* et le *Jean-Bart*

auront trois éjecteurs dont deux de 20 000 et un de 10 000 frigories-heure. Ces éjecteurs multiples sont toujours desservis par un condenseur unique, du type à surface, ce qui exige une quatrième pompe, pour la circulation de l'eau de condensation. Les quatre pompes sont, pour réduire l'encombrement, commandées par deux arbres parallèles actionnés par des moteurs électriques de 8 chevaux.

La machine Westinghouse-Leblanc convient bien pour les industries chimiques où l'on n'a pas besoin de réfrigérer au-dessous de zéro et où elle a justement un excellent rendement, tandis que pour les températures très basses sa puissance et son rendement diminuent notablement, en raison des tensions extrêmement faibles que présente alors la vapeur d'eau. Elle a été appliquée récemment dans l'usine de Nanterre de la Société des colles et gélatines françaises pour refroidir de l'air destiné à activer la prise de la gélatine; la machine installée, d'une puissance de 10 000 frigories-heure, a ses pompes mues par un petit moteur à vapeur à grande vitesse Boulte-Larbodière de 5 chevaux, dont l'échappement se fait dans l'éjecteur à vapeur. Dans cette petite installation, la saumure n'ayant pas besoin d'être refroidie à une température basse, l'évaporation de son eau n'exige pas un vide élevé, et un éjecteur à vapeur suffit pour produire à lui seul le vide nécessaire dans le condenseur à mélange; l'éjecteur à liquide et sa turbine sont alors supprimés.

Une machine frigorifique Leblanc de 20 000 frigories-heure, du type des cuirassés, avec condenseur à surface, éjecteur à vapeur et éjecteur à liquide, vient d'être installée à l'usine électrique des Molineaux pour refroidir de l'huile de graissage.

La machine à vide Leblanc consomme dans ses condenseurs un peu plus d'eau que les machines à compression n'en emploient pour leur refroidissement, mais, lorsque la température de réfrigération n'est pas très basse, elle prend, comme force motrice employée à la commande de ses pompes, et comme vapeur nécessaire à ses éjecteurs, un total d'énergie plutôt inférieur à l'énergie mécanique nécessaire à la marche d'une machine à compression; et cette énergie est produite économiquement lorsque la vapeur des éjecteurs, qui en constitue la plus grosse partie, peut être empruntée à l'échappement de moteurs à vapeur, cas qui se présente assez souvent dans les grandes usines.

Ch. JACQUIN.

L'emploi rationnel du froid.

(Suite et fin.)

SOIE ARTIFICIELLE. — VISCOSÉ. — Dans la fabrication de la soie artificielle, le froid favorise la dissolution de la cellulose dans la solution cupro-ammoniacale, d'où il résulte, à ce qu'il paraît, un abaissement considérable du prix de revient de la soie.

Dans la fabrication de la viscose, le froid est d'une nécessité absolue, un grand nombre d'opérations devant être faites à des températures rigoureusement constantes.

OZONE. — VANILLINE. — Le froid n'est pas utilisé directement. On le fait intervenir, pour aider à l'ozonisation de l'air qui sert à la fabrication de la vanilline. L'ozone, agent oxydant, décolorant et stérilisant, a d'ailleurs de nombreux emplois industriels et l'on peut dire, d'une façon générale, que le froid est utile dans toutes les industries chimiques qui impliquent une production d'ozone.

MINES. — Le froid a des avantages multiples pour l'aération des mines. L'air que l'on envoie dans la mine devient susceptible, quand il est refroidi, d'absorber une plus grande quantité d'humidité en même temps qu'il rend l'atmosphère plus respirable.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 2 (février 1911), p. 108, n° 3 (mars 1911), p. 180 et aussi t. II, n° 12 (décembre 1910), p. 710 et t. III, n° 1 (janvier 1911), p. 51.

PRODUITS PHARMACEUTIQUES. — Selon le Dr Tassily, on a obtenu par le froid de nombreux extraits ou produits divers conservant les propriétés originales du suc des plantes. Malgré toutes les tentatives faites, cette technique n'a pas encore pénétré dans la pratique courante. A notre avis, néanmoins, la question est loin d'être délaissée car, récemment, le froid a été appliqué à des concentrations à basse température et dans le vide, et à la conservation de substances très altérables.

ACTION SUR LES MÉTAUX. — Il ne s'agit pas ici d'une application industrielle du froid, puisque au contraire, en ce qui concerne les métaux, les basses températures doivent être évitées autant qu'il se peut. Sous l'influence du froid, certains métaux subissent des modifications moléculaires qui les rendent friables. M. le Professeur Cohen, qui, le premier, a pu constater cette transformation sur l'étain, l'a baptisée *peste de l'étain*. Depuis, des phénomènes analogues ont été remarqués sur d'autres métaux. C'est pourquoi on a substitué au nom trop spécial de peste de l'étain, celui plus général de « maladie de l'écaillage ».

M. Cohen est parvenu à prouver que ce curieux état moléculaire était transmissible par contact (!).

Signalons en passant que cette action si particulière du froid pourrait peut-être expliquer certaines ruptures imprévues des pièces métalliques.

Eaux d'alimentation. — M. Bonjean, chef du Laboratoire et membre du Conseil supérieur de l'Hygiène publique, préconise le refroidissement préalable des eaux provenant de forages profonds et leur emploi pour l'alimentation. Malheureusement, le refroidissement de telles quantités d'eau nécessiterait des dépenses très élevées pour les municipalités, par suite du système de distribution qui ne sépare pas les eaux des diverses sources.

La question fut présentée au Congrès de Vienne sous une forme un peu différente, et nous pensons que la solution de ce problème, qui intéresse tout particulièrement la santé publique, sera trouvée le jour où les municipalités pouvant distribuer une eau chaude et dépourvue de bacilles, l'habitant disposera de petits appareils frigorifiques capables de refroidir à peu de frais l'eau de boisson.

On construit depuis quelques années de petits frigorigènes qui se meuvent électriquement en empruntant le courant d'une lampe ordinaire de 16 bougies.

La distribution de l'eau saine est donc étroitement liée à la distribution de la force à domicile : électricité, gaz, air comprimé. On peut dire qu'à l'heure actuelle, cette distribution existe; c'est maintenant aux municipalités de se prononcer.

ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES. — Il ne s'agit plus à proprement parler d'une application chimique, mais d'une application physique. Dans son instructif rapport, tiré de ses travaux antérieurs, M. Jumau met en lumière les qualités de la chaleur et du froid dans la fabrication et la formation des accumulateurs électriques. Il conclut à la nécessité de connaître exactement ces deux facteurs pour obtenir une production économique. Il est juste de dire à ce sujet que l'emploi d'un froid un peu intense impose parfois un matériel frigorifique assez cher. Seulement le coût de ce matériel est rapidement amorti par les bénéfices qu'il assure. Nous conseillons vivement la lecture de ce rapport aux constructeurs d'accumulateurs.

MOTEURS ÉLECTRIQUES. — A son tour, M. Gasnier insiste sur les avantages du froid dans la fabrication des moteurs électriques. Tous les électriciens — ou même toutes les personnes qui se sont occupées d'électricité — ont été frappés des échauffements qui se manifestent dans la plupart des pièces et des enroulements qui, par essence, composent les machines électriques : dynamos, électro-moteurs, transformateurs. Ces échauffements sont combattus par des circulations d'air atmosphérique. Jamais on n'a utilisé l'air refroidi, ou un autre

système de réfrigération, et cependant jusqu'ici la puissance de la plupart des machines électriques n'a été limitée que par leur échauffement. Donc, plus on refroidira ces machines, plus on se rapprochera d'un rendement maximum.

MACHINES A VAPEUR. — M. Guittard, directeur des ateliers Thomson-Houston, expose lui aussi les avantages considérables que pourrait apporter le froid, d'abord dans l'exploitation des machines à vapeur munies de condenseurs, ensuite dans les industries où l'on se sert de turbines à vapeur. C'est là un problème que les mécaniciens travailleraient avec fruit.

COMPRESSION DES GAZ. — Nous sortirions du cadre que nous nous sommes fixé en nous étendant longuement sur cette industrie qui emploie à la fois le froid et le refroidissement, choses différentes. Cependant, en dehors des applications actuelles de certains gaz liquéfiés à la production du froid, nous indiquerons les utilisations plus récentes de ces gaz liquéfiés dans certaines réactions chimiques et physiques. La voie est ouverte aux chercheurs.

CONCLUSIONS. — Ce très court exposé montre quelle est, et quelle peut être, l'importance du froid et du refroidissement dans les arts chimiques. Les résultats acquis sont déjà appréciables, mais ils sont encore insuffisants. Il importe maintenant de créer une organisation propre à rendre plus intimes les relations entre les constructeurs de machines frigorifiques et les industriels que le froid peut intéresser. Il faut que les constructeurs avisés proposent à l'industriel hésitant de prendre à leur charge les frais des installations qu'ils jugent rémunératrices. Lorsque de tels essais auront réussi plusieurs fois, ils feront souche. L'exemple est fréquent d'industriels rétifs devenus subitement prodigués à la suite d'un succès constaté chez leur voisin.

A. GUISELIN,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

TRAVAUX PUBLICS

Poutre à treillis en béton armé (système Visintini).

Le premier avantage de ces poutres est que leur fabrication en atelier peut être rendue beaucoup plus économique que leur montage à pied d'œuvre; on s'affranchit ainsi de la sujétion des coffrages sur place souvent fort encombrants.

Dans les poutres Visintini, les parties devant travailler uniquement à la compression sont en béton et les parties travaillant à la traction sont en béton avec âme de fer.

Dans les semelles, des barres de fer courent sur toute la longueur de la poutre; sur ces barres viennent s'accrocher les tirants qui sont maintenus en place par le béton. La semelle supérieure pourrait n'être pas munie de barres de fer; on en met néanmoins pour permettre l'assemblage des tirants. On établit, avec ces poutres préparées à l'avance et placées jointivement, des planchers solides et montés en peu de temps.

Pour empêcher, dans un plancher, que chaque poutre ne s'infléchisse séparément, on a prévu à la partie supérieure une rainure qui, lorsque deux poutres sont juxtaposées, laisse un évidement en queue d'hironde; dans cet évidement on place une barre de fer et on coule du ciment.

Les essais de ces poutres, faits à Zurich, ont montré que le système présentait toute sécurité.

Au cours d'une construction, des planchers Visintini peuvent être montés en même temps que la maçonnerie; ils servent alors immédiatement de plate-forme de travail et évitent l'établissement d'échafaudages intérieurs toujours coûteux.

On peut encore appliquer ces poutres à l'établissement de murs verticaux, piliers, etc. L'on a même employé le système à la couverture en plein cintre de la nef d'une église.

F. D.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 2 (février 1910), p. 118.

NOTES DE MÉCANIQUE ET DE PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Le mandrinage des brides. — *Mouvement réducteur pour l'application de l'indicateur dynamométrique aux moteurs à gaz.* — *L'emploi de grandes vitesses de gaz dans les chaudières.* — *Mesure industrielle de la densité et du débit des gaz.*

Le mandrinage des brides. — Pour les installations modernes, où l'emploi de la vapeur à haute pression et à haute surchauffe nécessite des joints réalisant une parfaite sécurité, il convient de signaler la diffusion des méthodes de mandrinage des brides de préférence à tout autre système de fixation.

Le brasage et la soudure autogène sont à la merci d'un défaut d'inattention dans le travail; le mandrinage assure au contraire, dans tous les cas, une absolue sécurité.

Par l'emploi de brides ou de bagues à rainures, on obtient une cohésion parfaite; pour les faibles et moyennes pressions, on peut se contenter de brides plates; pour les hautes pressions, il faut utiliser des brides à collet assurant au mandrinage une portée de hauteur double.

La résistance de brides à collet mandrinées est supérieure à celle du tube: un tube soudé à rencontrement de 200 mm. de diamètre, soumis à la pression hydraulique, a cédé suivant la soudure à une pression de 155 kg. sans que le mandrinage ait présenté le moindre suintement.

Mouvement réducteur pour l'application de l'indicateur dynamométrique aux moteurs à gaz. — Pour convertir le mouvement rotatif de l'arbre d'un moteur à gaz en un mouvement alternatif représentatif des positions du piston, nécessaire au fonctionnement de l'indicateur de Watt, les réducteurs de course usuellement employés pour les machines à vapeur sont difficilement applicables au cas des moteurs à gaz à cause de leur grande vitesse de rotation. Voici un dispositif de réduction particulièrement simple.

Il consiste à placer en bout de l'arbre un disque excentré (fig. 1); un galet, monté sur une tige maintenue appuyée contre le disque, oblige la tige à se déplacer, et la valeur de ces déplacements est transmise à l'indicateur par un fil attaché à la partie supérieure de la tige.

Il importe uniquement, pour calculer le rapport de réduction voulu, de connaître le rapport exact de la bielle à la manivelle. Si par exemple ce rapport est de 1 à 5, il suffira, si l'on excentre le disque de 1 cm., de prendre un disque de 5 cm. de rayon.

La démonstration du principe de ce dispositif de réduction peut se faire mathématiquement, mais plus simplement encore graphiquement, ainsi que le montre la figure 2.

Les lignes R et L représentent respectivement le rayon de manivelle et la longueur de bielle; L représente également, mais à une

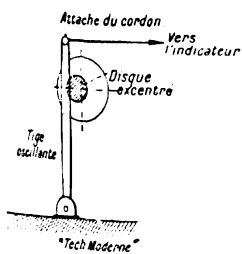


FIG. 1.

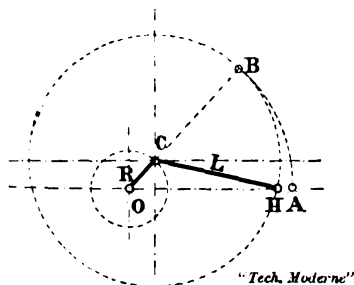


FIG. 2.

échelle différente, le rayon du disque excentré. Le centre de l'arbre-manivelle est O, celui du disque est C, et par conséquent la valeur de l'excentrage est CO, proportionnelle au rayon de manivelle.

On a : $CH = CB$ et $BO = OA$.

Donc, quand le disque et la manivelle se sont déplacés d'un angle quelconque, tel que BOH, le déplacement de la tige aura été de AH, qui est proportionnel au déplacement du piston.

L'emploi de grandes vitesses de gaz dans les chaudières. — L'importance de la grande vitesse de circulation de l'eau à l'intérieur des tubes de générateurs et son heureuse influence sur le nombre de

calories absorbées par une surface de chauffe donnée, est un fait acquis.

Le professeur Nicolson vient de lire à un récent meeting de l'Institution of Engineers and Shipbuilders of Scotland, un mémoire très intéressant relatant ses résultats d'essais sur l'emploi de grandes vitesses de gaz à l'extérieur des tubes.

Ces résultats sont à remarquer : il a trouvé que les calories transmises augmentaient rapidement à mesure qu'on employait des vitesses de gaz plus considérables. La figure 1 montre approximativement la loi de progression. Si l'on tient compte que, dans les générateurs courants, on ne dépasse guère des vitesses de 10 m : sec., on voit que ce chiffre correspond à des transmissions thermiques relativement très faibles.

Nous nous proposons d'étudier de près le mémoire du professeur Nicolson et nous reviendrons sur ce sujet pour l'analyser minutieusement.

Mesure industrielle de la densité et du débit des gaz. — La mesure des débits de fluides gazeux prend une importance de plus en plus considérable dans l'industrie. C'est surtout dans la métallurgie qu'elle est devenue un problème d'application courante.

On peut chercher à réaliser la mesure du volume soit directement par mesurage au moyen de cloches-gazomètres ou de compteurs volumétriques, soit indirectement en évaluant la vitesse moyenne d'écoulement à travers une section de superficie connue.

Dans l'industrie, les quantités de gaz à mesurer sont trop importantes pour qu'on puisse songer à pratiquer de façon permanente la première méthode, quoique de toutes elle soit la plus exacte.

Le procédé indirect, qui consiste à appliquer aux gaz la méthode chimique qui a été employée avec succès pour les liquides, est trop délicate pour offrir une solution pratique acceptable; on conçoit qu'il soit facile, en principe, d'injecter dans une conduite une proportion déterminée d'acide carbonique, dont la dilution permettra d'estimer le volume de gaz auquel on l'aura mélangé : c'est le principe même du contrôle de la combustion dans les foyers par l'analyse des gaz des fumées. Mais pratiquement, ce procédé conduit à des mécomptes.

La réplique physique de ce procédé, qui consisterait à envoyer, dans la conduite, une quantité de chaleur connue et à mesurer l'abaissement de température proportionnel à la dilution, conduirait à des résultats encore plus douteux.

Il ne reste, comme méthode vraiment industrielle, que la mesure de la vitesse moyenne d'écoulement. L'emploi des anémomètres, qui peut à la rigueur se concevoir pour la mesure des courants d'air à vitesse relativement faible dans des passages à grande section — par exemple, les galeries de mines — n'est pas pratique pour le jaugeage des conduites, qui constitue le cas le plus général. De plus, les anémomètres ne sont pas construits pour mesurer des vitesses supérieures à 4 ou 5 m : sec.

Nous arrivons donc à la conclusion que la mesure des débits de gaz se fera le plus commodément avec une approximation suffisante par la mesure au manomètre d'une pression proportionnelle à la vitesse.

Cette pression proportionnelle peut être réalisée de trois manières différentes :

- 1° En créant, dans la conduite, un étranglement brusque, et en mesurant la perte de charge de part et d'autre de l'étranglement;
- 2° En mesurant la pression vive du fluide en mouvement;
- 3° En mesurant la dépression causée par un transformateur de vitesse à ajutages convergents-divergents.

Les trois croquis de la figure 1 sont relatifs aux trois modes de

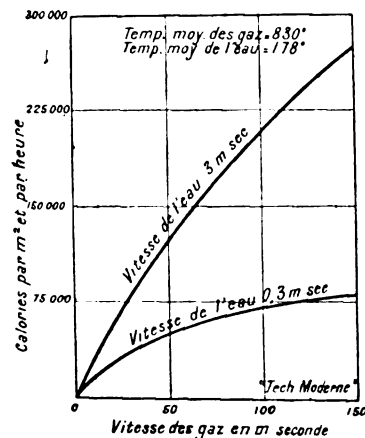


FIG. 1.

mesure; dans les trois cas on emploiera un micromanomètre (différentiel pour s'exonérer de la pression ou dépression statique dans la conduite) aussi sensible que possible.

Le micromanomètre enregistreur permettra un contrôle facile et efficace des variations du débit à mesurer; toutefois, les pressions à enregistrer étant très faibles, parfois inférieures à 1 mm. d'eau, on aura soin d'employer un enregistreur à *amplification directe* sans levier, pignons, crémaillères et autres dispositifs classiques d'amplification qui introduisent des frottements et de l'usure, c'est-à-dire des causes d'erreur et de l'entretien.

La première méthode, celle du diaphragme, est la plus déficiente; pour obtenir une perte de charge suffisante pour être pratiquement mesurable, il faut créer une résistance assez considérable qui peut perturber de façon plus ou moins grave les conditions de l'écoulement.

La méthode du tube de Pitot donne des résultats très sûrs avec des gaz propres et des variations de la pression statique peu impor-

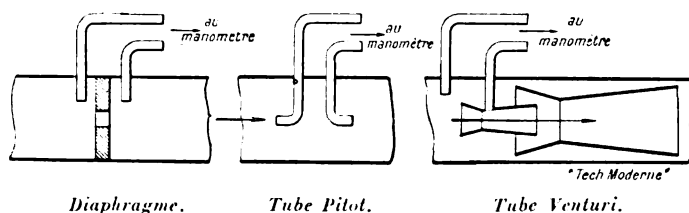


FIG. 1.

tautes; nous avons pu cependant faire des mesures de débit avec des pressions variables comme, par exemple, c'est le cas pour le vent des machines soufflantes de convertisseurs.

Pour des vitesses d'écoulement inférieures à 5 ou 6 m : sec., le tube Pitot devient d'application difficile; si, de plus, le gaz est sale et surtout goudronneux, les ajutages s'encrassent rapidement et les mesures sont faussées. Nous préférons alors avoir recours aux ajutages convergents-divergents, qui ne comportent pas de sections aussi réduites que celles des tubes de Pitot, et qu'on peut disposer en nombre suffisant pour obtenir un effet multiplicateur voulu. C'est la disposition que nous recommandons, par exemple, pour le débit des gazogènes de métallurgie, le gaz destiné au chauffage n'étant pas épuré.

Nous donnerons des exemples d'application pratique de ces deux méthodes à différents problèmes industriels; auparavant, nous devons faire remarquer que la mesure généralement constatée au manomètre à eau, donc exprimée en colonne d'eau, doit, pour être appliquée au cas du gaz dans les conditions de l'expérience, tenir compte de la pression statique, de la température et de la densité du gaz.

Il importe donc de savoir mesurer la densité d'un gaz; si, en effet, le poids spécifique de certains gaz simples est bien connu, les gaz industriels, de composition variable, sont également de poids souvent très variable.

Un moyen commode de calculer la densité consiste à faire écouler un même volume V de deux gaz différents par un même orifice : les durées d'écoulement constatées seront dans le rapport des vitesses, soit :

$$\frac{t}{t'} = \frac{v}{v'}$$

Comme le rapport des vitesses d'écoulement est comme la racine des poids spécifiques, soit :

$$\frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{P}{P'}}$$

on a :

$$\frac{t}{t'} = \sqrt{\frac{P}{P'}}, \text{ soit } \frac{P}{P'} = \frac{t'^2}{t^2}.$$

D'où l'on déduit qu'il suffit de mesurer les temps respectifs d'écoulement de deux gaz pour connaître leur densité relative; l'un des gaz sera l'air, dont le poids spécifique est connu; on a donc tous les éléments pour calculer la densité cherchée.

Un appareil basé sur ce principe comprend simplement une boule terminée par un robinet r avec orifice capillaire; cette boule est entourée d'une chemise d'eau où plonge un thermomètre; un flacon sert à effectuer l'aspiration et le refoulement de l'air et des gaz à expérimenter. La hauteur H déterminant l'écoulement et la température t doivent être les mêmes pour le gaz et l'air, durant une expérience.

Si, par exemple, le gaz en essai a mis trente-cinq secondes pour s'écouler, et l'air quarante-cinq secondes, la densité relative de ce gaz sera :

$$\frac{P}{p} = \frac{35^2}{45^2} = 0,61,$$

et son poids spécifique à zéro (en négligeant la correction barométrique) de :

$$1,293 \times 0,61 = 0,789 \text{ kg. par m}^3.$$

Ci-dessous les poids spécifiques de différents gaz industriels que nous avons eu l'occasion de déterminer :

POIDS SPÉCIFIQUES à zéro et 760	
	kg : m ³
Base : Air sec.	1,2928
Gaz d'éclairage	0,48 à 0,57
Gaz des foyers de chaudières	1,3
Gaz à l'eau	0,713
Gaz Siemens au coke	1,277
— à la houille	1,205
Gaz mixte (force motrice)	1,144
Gaz Dowson	1,078
Gaz Mond	1,05
Gaz Riché (au bois)	0,83
Gaz de tourbe, de lignites récents	0,867 à 0,88
Gaz d'huile	0,913
Gaz de hauts-fourneaux	1,3 à 1,35
Gaz de fours à coke	0,458 à 0,48

J. IZART.

NOTES D'ÉLECTRICITÉ

Machines électriques à axe vertical. — Commande électromécanique à distance. — Résultats obtenus avec la traction monophasée.

Machines électriques à axe vertical. — Les machines électriques à axe vertical ont été tout d'abord étudiées comme génératrices accouplées directement à des turbines hydrauliques; mais, depuis cette époque, la multiplicité des applications des moteurs électriques aux essoreuses, aux ventilateurs, aux pompes, aux malaxeurs, aux turbines à sucre, a donné l'occasion d'étudier complètement le meilleur conditionnement de ces machines à axe vertical.

Le socle, la culasse, le rotor des dynamos ou alternateurs ne comportent aucune remarque spéciale. Le mode de commande des balais est le même que pour les machines horizontales. Les points particuliers de ces machines sont les paliers et le mode de graissage. L'expérience semble avoir permis de triompher des difficultés inhérentes à ces deux questions. On est arrivé aux conclusions suivantes : Pour les moteurs électriques de faible puissance, dans lesquels la partie tournante est d'un poids assez réduit, le plus simple et le plus économique est de faire reposer l'arbre sur une crapaudine à billes. L'arbre est guidé par deux paliers avec coussinets en bronze.

Une autre disposition utilisée surtout pour les ventilateurs ou pour

déjà établie à Villefranche. Il est intéressant de noter que le choix fait par les ingénieurs de la Compagnie du Midi du courant monophasé à 16 périodes et à 12 000 volts, résulte d'une étude comparative de tous les systèmes de traction actuellement utilisés.

Le projet définitif d'électrification de la ligne de Pau à Montréjeau (110 km.) nécessitera la création de cinq usines génératrices de chacune 20 000 HP. Ces usines seront établies à Bédous, Soulom, Eget, Salau, Puymorens; celle de Soulom est à peu près achevée.

Ce projet, dont on peut augurer un plein succès, n'est que le complément de beaucoup d'autres, non seulement entièrement réalisés, mais dont les résultats techniques et commerciaux, datant de plusieurs années, sont tout à fait satisfaisants.

Une des premières installations de traction monophasée en Europe est celle des tramways de Rome à Civita-Castellana mise en exploitation en juillet 1906.

La ligne s'étend sur 53 km., dont 49 km. de section interurbaine avec trolley à 6 500 volts et 4 km. dans Rome avec trolley à 600 volts monophasé. Les vitesses commerciales obtenues sont avec des trains de voyageurs de 50 tonnes : 45 km. en palier et 18 km. sur rampe de 4 ‰; avec des trains de marchandises de 75 tonnes : 40 km. en palier et 15 km. sur rampe de 4,5 ‰. Les locomotives possèdent quatre moteurs de 40 HP.

Nous signalons comme autres lignes importantes monophasées : La ligne de New-York à Stamford, dont la longueur est 35 km. avec trolley à 11 000 volts. Le courant est à 25 périodes; il n'y a aucune sous-station. Chaque locomotive, munie de quatre moteurs de 250 HP., remorque un train de 200 tonnes à la vitesse commerciale de 42 km. à l'heure, avec arrêt de quarante secondes tous les 3 kilomètres. L'exploitation date d'août 1907.

De la même époque date la mise en exploitation de la ligne de la Valle-Brembana, dans la Haute-Lombardie, avec trolley à 6 000 volts sur une longueur de 30 km.

Chaque locomotive équipée avec quatre moteurs de 75 HP. remorque des trains de 90 tonnes à 60 km. à l'heure, et des trains de 120 tonnes à 18 km. à l'heure sur une rampe de 2 ‰.

En Norvège, on a ouvert au public, en juillet 1908, une ligne de 30 km. avec trolley à 6 600 volts (courant 25 périodes), entre Thamshavn et Lokkn.

Vers la même date a été inaugurée la ligne de Chicago à South Bend sur une longueur de 125 km. Il n'existe que deux sous-stations alimentées à 33 000 volts et alimentant le trolley à 6 600 volts. Les voitures sont automotrices et munies chacune de quatre moteurs de 125 chevaux. Les trains de voyageurs ont une vitesse commerciale de 56 kilomètres.

En France, on a mis en exploitation en février 1909 le réseau monophasé des tramways de Lyon, qui comporte une longueur de 77 km. sans aucune sous-station. Le trolley, dans la partie interurbaine, est à 6 600 volts (courant 15 périodes) et dans l'intérieur de Lyon à 600 volts. Les voitures sont automotrices; pour un tiers d'entre elles l'équipement comporte deux moteurs de 65 HP., les autres sont munies de deux moteurs de 45 HP. La vitesse commerciale est de 20 km.; la vitesse de 50 km. peut être obtenue en palier.

Une énumération plus longue des lignes de traction monophasée nous entraînerait trop loin et les quelques exemples ci-dessus suffisent pour fixer les résultats obtenus, dans leurs grandes lignes.

E. SOUPET,
Ingénieur des Arts et Manufactures,
Directeur du B. T. E.

NOTES DE MÉTALLURGIE

Propriétés caractéristiques de l'acier électrique. — Influence du manganèse sur les propriétés de l'acier doux. — Le retrait des alliages pendant et après la solidification.

Propriétés caractéristiques de l'acier électrique. — M. Remo

voyons rien dans la littérature technique de notre pays; c'est ce qui nous engage à publier les résultats de M. Cattani.

Cet auteur a d'abord étudié comparativement un acier au creuset et un acier électrique extra-doux, préalablement recuits à 875° et essayés à la traction; les résultats de ses essais sont les suivants :

TABLEAU I.

DÉSIGNATION du métal	CARBONE ‰	MANGANÈSE ‰	SILICIUM ‰	SOUFRE ‰	PHOSPHORE ‰	CHARGE de rupture en kg. par mm ²	LIMITÉ apparente d'élasticité en kg. par mm ²	ALLONGEMENT ‰	STRICTION ‰	RÉSISTANCE au choc en kg./mètres
Acier électrique. . .	0,051	0,184	0,047	0,027	0,011	37,5	25,5	34,0	71,5	50
Acier au creuset . . .	0,050	0,256	0,178	0,023	0,015	36,5	24,5	30,5	50,1	20
Supériorité de l'acier électrique	"	"	"	"	"	2,74 ‰	4,08 ‰	11,4 ‰	42,7 ‰	127,2 ‰

TABLEAU II.

DÉSIGNATION DU MÉTAL	CARBONE ‰	MANGANÈSE ‰	SILICIUM ‰	PHOSPHORE ‰	RÉSISTANCE à la traction kg./mm ² (R)	ALLONGEMENT ‰ (A)	COEFFICIENT de qualité (R × A)
Acier Bessemer	0,38	0,95	0,10	0,075	75	12	900
	0,32	0,80	0,10	0,072	65	14	910
Acier Thomas	0,32	0,50	0,03	0,075	65	14	910
	0,38	0,90	0,03	0,100	70	12	900
Acier électrique } Röchling	0,44	0,738	0,300	0,024	70	23	1 610
	0,39	0,431	0,132	0,008	60	22	1 320
	0,30	0,950	0,230	0,023	58	23	1 334

Cattani a examiné, dans « La Metallurgia italiana », les différences qui existent entre l'acier électrique et les autres sortes d'aciers; on n'a que peu de documents sur ce sujet et, à part les expériences françaises de M. Guillet et celles de M. Clausel de Coussergues, nous ne

C'est surtout au point de vue du choc que la supériorité de l'acier électrique se décelle. Nous ferons remarquer en passant que la grande différence des strictions entre les deux aciers permettait de prévoir les écarts dans la résilience (ou résistance au choc mesurée par la

méthode des barreaux entaillés). Nous avons eu l'occasion de dire dans notre ouvrage : *Nouveaux mécanismes et nouvelles méthodes pour l'essai des métaux*, que la résilience nous paraissait suivre l'allongement du métal dans la striation. Une formule simple nous permet de voir que cet allongement est de $\frac{71,5}{100 - 71,5} = \frac{71,5}{28,5} = 250\%$.

pour l'acier électrique, et de $\frac{50,1}{49,9} = 100,5\%$ environ pour l'acier au creuset. On voit donc que le rapport des allongements de striction des deux métaux est de 2,5 exactement comme celui des résiliences. C'est une loi expérimentale et empirique très curieuse, dont nous recommandons l'application aux métallurgistes. Elle donne le moyen de passer du simple essai de traction à l'essai de choc sur barreau entaillé et s'applique assez bien à des métaux similaires comme composition. Il y a évidemment des exceptions.

Ceci dit, revenons aux essais de M. Cattani.

Le tableau II donne les résultats d'aciers divers différents du précédent :

Ces résultats sont tout en faveur de l'acier électrique.

Röchling est parvenu à faire, paraît-il, des rails en acier électrique tenant 0,75 % de carbone, qui sont beaucoup moins cassants que ceux à plus faible teneur en carbone, mais d'une fabrication courante. En Amérique et en Allemagne, on s'efforce actuellement à rehausser la carburation des rails pour en augmenter la dureté. D'ailleurs, le tableau III montre, à l'évidence, que les aciers électriques sont supérieurs aux meilleurs aciers Martin, tels que Campbell et Merriman les définissent dans leurs études classiques.

Le retrait des alliages pendant et après la solidification. — Le professeur Thomas Turner, de l'Université de Birmingham, a entrepris et a fait entreprendre par ses élèves une très intéressante série d'études sur les variations de volume des alliages pendant et après leur solidification. M. Murray a déjà étudié la question pour les alliages cuivre-zinc et M. Ewen a publié récemment des résultats se rapportant aux alliages d'antimoine-plomb et d'aluminium-zinc. Comme la fonderie a le plus grand intérêt à être bien fixée sur les variations de volume de ses pièces, ces études sont donc du plus grand intérêt pour elles.

M. Turner expose, dans une préface à l'étude de son élève, que les changements de volume des alliages peuvent se présenter dans les conditions suivantes :

- 1° Quand il se produit une combinaison chimique ;
 - 2° Quand des transformations allotropiques ou polymorphiques ont lieu ;
 - 3° Quand une substance se dissout dans une autre ou quand elle se sépare d'une autre ; généralement, une dissolution donne lieu à une contraction et une séparation ou cristallisation à une expansion ; il y a cependant des exceptions ;
 - 4° La séparation des constituants qui se produit pendant la solidification d'un eutectique paraît être accompagnée d'une dilatation mesurable.
- Murray avait démontré, à propos de la série des alliages cuivre-zinc, en se servant d'un extensomètre, que lorsqu'il y a une succession continue de solutions solides, la courbe de l'extensomètre suit le solidus. Il avait proposé d'établir le diagramme d'équilibre dans les alliages

TABLEAU III.

PROVENANCE DE L'ACIER ÉLECTRIQUE	CARBONE %	MANGANÈSE %	SILICIUM %	SOUFRE %	PHOSPHORE %	CHARGE de rupture à la traction kg./mm ²	CHARGE maximum possible d'après Campbell kg./mm ²
Acier électrique Röchling	0,750	0,670	0,100	0,044	0,023	87,0	81,77
— Girod	0,765	0,497	0,152	0,017	0,011	81,7	77,00
— Héroult	0,700	0,125	0,035	0,015	0,007	68,5	63,21
— Stassano	0,600	0,990	0,300	0,015	0,020	94,0	79,23

M. Cattani estime que l'absence de gaz des aciers électriques expliquerait leur supériorité, mais il n'en donne pas de preuves convaincantes.

Influence du manganèse sur les propriétés de l'acier doux. —

M. Georg Lang a étudié un grand nombre d'aciers doux dont la teneur en carbone, en silicium, soufre et phosphore était très peu différente et se rapprochait des valeurs suivantes :

$$C = 0,09 \text{ à } 0,12 \quad Si = 0,29 \text{ à } 0,31 \quad S = 0,045 \text{ à } 0,058 \\ Ph = 0,010 \text{ à } 0,110 \quad Cu = 0,12 \text{ à } 0,17$$

et qui contenait depuis 0,28 jusqu'à 2,5 de manganèse ; il les a examinés au point de vue mécanique, magnétique, électrique (résistivité) et a conclu ce qui suit de ses expériences :

Par l'addition du manganèse, le pouvoir coercitif et l'hystérésis sont augmentés, la perméabilité est diminuée ; la résistivité est augmentée de 5,5 microhm-centimètre pour chaque pour cent de manganèse ; le traitement thermique est sans influence sur la résistance électrique ; la grosseur du grain de l'acier recuit diminue par l'addition de manganèse, et, dans le cas de l'acier trempé, la structure martensitique est plus nette.

Une teneur en manganèse jusqu'à 3 % relève la résistance à la traction d'environ 1 kg. 5 pour chaque 0,1 % de manganèse et la dureté Brinell de 5 ; l'allongement et la striction sont, pratiquement, inchangés jusqu'à 1,5 de manganèse, mais diminuent assez vite aux teneurs plus élevées. La résistance au choc sur barreaux entaillés est relevée jusqu'à environ 1,5 % de manganèse, puis elle baisse lentement et, à partir de 1,8 % de manganèse, elle chute rapidement. Jusqu'à la teneur de 1 %, le manganèse est donc favorable aux propriétés de l'acier extra-doux. Les aciers, objet de cette étude, avaient été fabriqués au four électrique, et le manganèse ajouté tenait 75 % de manganèse et 1,9 d'aluminium. On l'avait préparé par la voie de l'aluminothermie.

en se servant des valeurs de l'expansion lors de la solidification, valeurs qui sont proportionnelles à la distance entre le liquidus et le solidus dans chaque alliage. M. Ewen a appliqué ces propositions aux alliages qu'il a étudiés, mais on a obtenu des résultats négatifs. Ceux tenant du plomb et de l'antimoine furent préparés avec des métaux extrêmement purs et coulés en sable. On mesurait la variation de longueur d'une barre et on suivait également la température de cette barre au moyen d'un pyromètre. Les barres n'avaient qu'un demi-pouce de section carrée. Voici, dans le tableau IV, les résultats obtenus :

TABLEAU IV.

TENEUR en plomb	TENEUR en antimoine	EXPANSION en pouces mesurée sur 12 pouces	OBSERVATIONS
"	100,0	0,0025	
12,3	87,7	0,0020	Masselotte un peu retassée.
22,5	77,5	0,0020	Masselotte davantage retassée.
31,6	68,4	0,0019	Masselotte peu retassée.
42,9	57,1	0,000	Masselotte —
51,2	48,8	0,0015	Masselotte —
62,8	37,2	0,000	
76,8	23,2	0,0006	
85,4	14,6	0,0012	
94,9	5,1	0,0011	
100,0	"	0,000	Sans retassure.

La retassure était d'autant plus grande que le métal était plus près de son point de solidification.

Le plomb et l'antimoine ne se dissolvent pas mutuellement ; leur

eutectique a lieu pour 13 % d'antimoine et fond à 228°, comme l'a montré Roland-Gosselin.

Le plomb pur ne montre pas de dilatation: la dilatation correspondant à l'eutectique est d'environ la moitié de celle de l'antimoine pur. Les dilatations curieuses correspondant à la teneur de 50 % d'antimoine et les minima pour les teneurs de 35 et 57 % seraient dues, d'après l'auteur, à la structure cristalline plus ou moins grossière des alliages. Les propositions de Murray, relatives à la longueur de l'expansion pour établir la distance respective du liquidus et du solidus, ne s'appliquent pas à ces alliages et, comme elles ont été établies avec des alliages à solutions tandis que ceux d'antimoine et de plomb sont des mélanges, la chose est explicable.

Des essais de dureté au moyen du scléroscope à poids rebondissant montrèrent que la dureté des alliages augmentait rapidement après l'eutectique et était maximum pour l'alliage tenant 75 % d'antimoine; elle était quatre fois celle de l'alliage eutectique. Au point de vue pratique, comme ce sont les alliages tenant de 15 à 25 % d'antimoine qui importent pour la fabrication des coussinets, par exemple, il vaut mieux employer ceux tenant le moins d'antimoine, car on a une dilatation qui diminue avec la quantité d'antimoine. D'autre part, la dureté augmente vite; c'est l'alliage à 20 % d'antimoine qui paraît le plus recommandable.

En ce qui concerne les alliages aluminium-zinc, on a affaire à des solutions solides; l'auteur a étudié ces alliages au moyen d'un extensomètre à miroir, très sensible; on coulait les métaux comme dans le cas précédent. Les alliages donnèrent de bons moulages, mais ceux tenant de 10 à 60 % d'aluminium furent les meilleurs de la série au point de vue du fini et de la propreté. Le zinc pur donna la retassure maximum, de même que l'alliage eutectique à 43,1 % d'aluminium et l'aluminium pur. On peut conclure de ces faits que les substances qui se solidifient à une température constante (métaux purs et eutectiques) et celles qui se dilatent le plus lors de leur solidification, sont celles qui ont la plus grande tendance à retasser, bien que la valeur de la retassure dépende de la température de la coulée.

Les résultats des alliages zinc-aluminium furent les suivants :

TABLEAU V.

ALUMI- NIUM %	ZINC %	EXPANSION en pouces mesurée sur 12 pouces	DURETÉ	OBSERVATIONS
"	100	0,00126	14	Fortement retassé.
2,44	97,56	0,00058	22	Peu retassé.
4,31	95,69	0,00063	24,5	Alliage eutectique, fortement retassé.
9,48	90,52	0,00029	28	Pas retassé.
21,03	78,97	0,00048	42,9	
30,55	69,45	0,00084	38,5	P. retassé; propre; au perçage plus tendre que le précédent.
39,54	60,46	0,00116	43,3	Pas retassé, plus dur que le 5°.
49,84	50,16	0,00126	51,8	Pas retassé, moulage excellent.
60,21	39,79	0,00048	41,2	Pas retassé, moulage très net.
68,54	31,46	0,00056	35	P. retassé, plus tendre que le 7°.
79,28	20,72	0,00066	25,8	Un peu retassé.
89,33	10,67	0,00058	7,8	Nettement retassé.
100	"	0,00106	2,8	Fortement retassé.

Dans le cas de ces alliages, la courbe des variations de volume est bien celle du liquidus (excepté pour le point eutectique).

On trouve dans le tableau V les duretés mesurées par la méthode du scléroscope; d'après Simpson, la courbe des duretés suivrait celle des résistances à la traction.

L'application des alliages zinc-aluminium est limitée parce que ces alliages deviennent fragiles sous les chocs répétés.

M. Ewen a examiné trois bronzes et a vérifié que la loi de Murray s'appliquait à leur cas.

P. BRUILL.

NOTES DE CHIMIE

Chaux hydratée. — L'altération du verre à l'air. — Nouveau mode de préparation de la formaldéhyde. — Fabrication des électrodes en charbon. — Huiles dites d'olive. — Empoisonnements dus à l'emploi de beurres végétaux et de margurines. — Eaux résiduaires de féculeries. — Emploi du vitriol vert en arboriculture.

Chaux hydratée. — Les Américains tendent à remplacer la chaux ordinaire par un produit qu'ils nomment chaux hydratée. Ce n'est que de l'hydrate de chaux le moins impur possible et présentant, au sortir de la fabrication, une composition constante qui n'est plus influencée par l'action du temps. On peut emballer la chaux hydratée dans du papier ou dans des sacs en toile; elle ne donne plus crainte d'inflammation spontanée. Elle coûte un peu plus cher que la chaux ordinaire, mais le prix de fabrication, 1 fr. 30 à 1 fr. 60 par tonne, est plus que compensé par les avantages. Lorsqu'on éteint la chaux, on emploie souvent une proportion trop élevée d'eau, et d'autre part, comme la chaux vive renferme encore une proportion assez forte de carbonates non décomposés, il en résulte que la chaux éteinte est loin d'être de l'hydrate de chaux à peu près pur. Comment les Américains préparent-ils industriellement leur chaux hydratée? M. R. K. Meade l'a exposé à la troisième réunion annuelle de l'American Institute of chemical engineers, tenu à New-York, en décembre dernier.

Il faut d'abord préparer une chaux aussi dépouillée que possible de carbonates, et prendre à cet effet toutes les précautions possibles. Il faut ensuite mettre cette chaux sous forme de poudre bien fine, puis l'hydrater avec une quantité d'eau donnée, et enfin séparer la chaux hydratée des parties de la masse qui n'auraient pas subi l'hydratation.

L'hydratation se fait dans des mélangeurs cylindriques superposés, ou dans un mélangeur rectangulaire. Après cette hydratation, la chaux hydratée se trouve sous forme d'une poudre très ténue, accompagnée de particules de chaux non éteinte, de calcaire non brûlé et de composés siliceux. Si la proportion des particules d'impuretés est

minime, on se contente de passer au broyeur; si elle est plus forte on les sépare par tamisage.

L'altération du verre à l'air — a fait l'objet d'une nouvelle étude de M. F. Mylius, de Milan, communiquée à la Soc. de chimie de Berlin, (voir ses rapports 1910, p. 2180). D'après Warburg et Yhmori (Annalen der Physik, 1885), le verre subit une décomposition hydrolytique avec formation d'alcali, et ce dernier donne au verre son caractère hygroscopique. C'est le dosage des carbonates alcalins qui caractérisera le degré d'altération, et c'est la couche d'humidité adhérente au verre qui est la première cause de cette altération.

Done, les dosages alcalimétriques permettront de caractériser quantitativement les altérations du verre. Le nombre obtenu en une minute sur une surface de rupture fraîche, à la température de 18°, comme précipitation d'iodorésorcine (ou solution d'osine dans l'éther et l'eau) sera l'indice de l'alcalinité naturelle du verre. Sur une surface de rupture laissée à l'air sept jours, un essai similaire fournira l'indice de l'alcalinité temporelle du verre. Celle-ci est mesure de l'altérabilité.

Nouveau mode de préparation de la formaldéhyde. — D'après un brevet allemand récent pris par M. O. Blank, on peut préparer la formaldéhyde en faisant passer un courant d'air chaud chargé de vapeurs d'alcool méthylique sur une substance de contact, qui est dans ce cas de l'amianté argentée. Tout l'alcool se trouverait transformé en aldéhyde formique.

Fabrication des électrodes en charbon. — Dans Electrical Review de Londres, M. W. Clacher donne de nombreux détails pratiques sur la fabrication des électrodes de carbone; on sait que leur usage se répand énormément pour les extractions et les traitements métallurgiques.

Les électrodes sont meilleures lorsque la température est à plus élevée. Les propriétés essentielles de bonnes électrodes consistent

à posséder une conductibilité élevée, à ne pas être portées à se craqueler, enfin à présenter une surface de contact appropriée au conducteur métallique. Les caractéristiques d'une bonne conductibilité sont une sonorité claire lorsqu'on choque l'électrode, une grande densité et une faible porosité.

La matière première choisie est un coke obtenu en distillant l'huile de schiste; ce coke renferme encore 5 à 13 % d'hydrocarbures et 2 % de matières organiques. On commence par le soumettre à une calcination sévère, aux environs de 2 000°, afin d'éliminer les substances volatiles; la calcination augmente la densité et la conductibilité électrique. C'est cette calcination qui constitue la phase coûteuse de la fabrication, car elle entraîne une perte par combustion d'environ le tiers du coke, et celui-ci est un combustible plus cher que le meilleur charbon sans fumée. La calcination se fait dans les fours horizontaux, où la perte est moindre que dans les fours verticaux. Après calcination, le coke renferme encore 0,7 % de matière minérale, constituée pour 0,5 de silices, 0,15 d'oxydes de fer et d'alumine, 0,05 de sels de sodium solubles.

Le coke une fois calciné est fragmenté, puis moulu à un degré spécial, de façon qu'il renferme des proportions données de grandeurs diverses; il y a là un facteur très important pour obtenir en même temps le maximum de densité et le minimum de porosité.

Le produit de la mouture est mélangé avec de la poix à 50 % de substances volatiles; et s'il s'agit de revêtements pour fourneaux électriques, avec du goudron à 60 % de substances volatiles; le mélange est fait dans la proportion de 78 parties de coke moulu et de 22 parties de liant; ce mélange se fait dans un appareil à enveloppe de vapeur, avec charges de 150 kg.; et lorsque la température a atteint 90°, on décharge l'appareil, et on moule le produit. Puis on met à un four-tunnel entre 750° et 1100°, pendant cinq jours; et il ne reste qu'à refroidir les pièces et les emmagasiner en attendant l'expédition.

Comme autres sources de coke, M. Clacher signale que le charbon des cornues à gaz ne fournit que des quantités limitées, toutes utilisées pour les revêtements des fours électriques; l'antracite, au contraire, pourrait être une source suffisante, mais il faut se borner aux sortes ne renfermant que 2 % au maximum de matière minérale avant la calcination.

Huiles dites d'olives. — La diminution qui s'est fait sentir dans la production des huiles d'olives, par suite d'une mauvaise saison, a amené à travailler les huiles de marc ou grignons d'olives. M. Archbutt, dont on connaît la grande autorité en tout ce qui touche les huiles de graissage, a étudié l'utilisation de ces huiles de grignons, dans le numéro de janvier du *Journal of the Society of Chemical Industry*.

Comme ces huiles renferment une proportion élevée d'acides gras libres, on les neutralise ou saponifie en les lavant avec une solution alcaline, puis à l'eau. On a ainsi ce que dans le commerce on nomme huiles de grignons neutres » et « huiles de grignons saponifiées ».

Ces huiles neutres se distinguent de l'huile d'olives pure, parce qu'elles sont troubles, fortement colorées, ont un indice d'iode plus élevé, un indice de saponification moindre, et parce qu'elles renferment souvent encore de l'humidité qui les rend troubles lorsqu'elles n'ont pas été suffisamment séchées à la suite du lavage. La présence de cette humidité est très nuisible, si l'on se sert de ces huiles pour le graissage, parce que les acides gras qui existent dans l'huile exercent leur influence nuisible sur les surfaces métalliques avec une intensité beaucoup plus grande si l'humidité est présente. Pour constater cette présence, il suffit de chauffer une petite quantité d'huile dans un tube à essais que l'on surmonte d'une plaque de verre; toute présence d'humidité occasionnera un dépôt d'eau sur la plaque de verre.

M. Archbutt est d'avis que les huiles de grignons d'olives bien neutralisées et bien séchées peuvent entrer avantageusement dans les mélanges d'huiles minérales pour huiles de graissage.

On exporte du Maroc des huiles dites d'olives, ou huiles du Maroc, qui sont obtenues avec les amandes de l'arganon *sideroxylon*. Ces amandes donnent la moitié de leur poids d'une huile à odeur d'arachide et à indice d'iode élevé.

À propos d'huiles, M. P. Accomazof vient de proposer d'utiliser une huile nouvelle dans la fabrication des vernis et comme huile à brûler. C'est l'huile de tomates. La fabrication des conserves de tomates, dans certaines régions d'Italie, traite des milliers de tonnes

de tomates, presque 100 000 tonnes pour la seule province de Parme. Les résidus de ces 100 000 tonnes peuvent fournir 700 tonnes d'une huile limpide et dorée.

Notons que la glycérine subit depuis quelque temps une augmentation de prix très forte. Sa fabrication s'est restreinte, alors que la consommation augmente pour la fabrication des explosifs, dont on fait une très grande consommation dans les mines de l'Afrique du Sud et pour les travaux de percement de l'isthme de Panama.

Empoisonnements dus à l'emploi de beurres végétaux et de margarines. — Plusieurs accidents se sont produits à la suite de l'emploi de beurres végétaux. M. J. Hortkorn les attribue en partie à la présence d'éthers amyliques que l'on produit par action des cyanures sur les aldéhydes et les cétones, etc., et qui ont été proposés récemment comme parfums artificiels. Les accidents sont dus aux traces de cyanures et d'oxycyanures toxiques que ces éthers peuvent renfermer (*in Chemiker Zeitung*, 1910, p. 1381). Les graisses végétales alimentaires peuvent encore renfermer des traces de produits provenant d'autres parties de la plante ou même de graines étrangères; il est prudent de les chauffer à haute température, au moyen de la vapeur sèche ou humide, de façon à détruire tout principe toxique. On ne connaît pas d'accident produit par ces graisses chauffées. On peut aussi faire subir aux graisses végétales un traitement alcalin, suivi d'un lavage, de façon à éliminer tout principe toxique.

De nombreux empoisonnements également ont été enregistrés en Allemagne à la suite de l'emploi de margarines.

Pour fluidifier les graisses animales, on se servait d'huile de cardamomes qui n'avait jamais causé d'accidents. Les empoisonnements ont été attribués à ce qu'on a pris, au lieu de graines de cardamomes, des graines d'hydnocarpes qui sont identiques d'aspect à celles de cardamomes, mais qui renferment une sorte de ricinine très toxique.

Eaux résiduaires de féculerie. — M. A. Ch. Girard, professeur à l'Institut national agronomique, vient de publier, dans les *Annales de l'hydraulique*, un mémoire important sur l'utilisation des eaux résiduaires de féculerie. De ses nombreuses analyses, il résulte que le traitement en vue de l'extraction de la fécule entraîne le départ d'environ les huit dixièmes des principes azotés et minéraux contenus dans les tubercules de pommes de terre. Le traitement de 1 000 kg. de tubercules enlève, dans les eaux résiduaires, pour 4 fr. 30 d'azote, 0 fr. 30 d'acide phosphorique et 1 fr. 80 de potasse. Il en résulte qu'une très petite féculerie traitant 10 000 kg. par jour perd 64 francs d'engrais, soit 6 000 francs pour sa campagne; une très grande féculerie, traitant 200 000 kg. par jour, perd 125 000 francs par campagne; et l'ensemble des féculeries françaises laisse dans les eaux résiduaires des quantités de principes fertilisants correspondant à 140 000 quintaux de nitrate de soude, 40 000 de superphosphate, 72 000 de chlorure de potassium, représentant une valeur globale de 5 millions de francs.

On ne peut songer à concentrer ces eaux résiduaires, mais l'étude chimique du jus même de la pomme de terre montre qu'il renferme 3 kg. 5 d'azote, 2 kg. d'acide phosphorique et 6 kg. 5 de potasse par mètre cube (correspondant à une valeur de plus de 8 francs). Pour obtenir 100 kg. du produit renfermant 76 % de matière organique et 94 % de matière minérale, soit 7 d'azote, 9,4 d'acide phosphorique et 13 de potasse (ayant aux cours actuels une valeur comme engrais de 17 francs le quintal), il suffit d'évaporer 1 900 kg. d'eau, ce qui représente une dépense minime de charbon.

La mise en œuvre de ce procédé est d'une grande simplicité et n'apporte aucune complication sérieuse dans le travail usuel d'une féculerie. Il suffit, en effet, d'interposer, entre la râpe et les tamis, une presse pour extraire les jus purs qu'on envoie ensuite à l'évaporation dans des appareils appropriés. L'engrais ainsi obtenu est d'une grande activité; ses éléments minéraux sont solubles; son azote, à l'état albuminoïde et amidé, est rapidement nitrifiable. Sa composition correspond à celle d'un mélange de 21 kg. de superphosphate, 55 de sang desséché, 24 de chlorure de potassium, ayant une valeur de 15 à 16 centimes le kilogramme.

M. Tisserand a noté que ces résultats justifient pleinement d'anciennes pratiques dans les Vosges où, il y a quarante ans, les paysans cultivaient la pomme de terre industrielle, non seulement pour avoir de la fécule, mais encore dans le but d'obtenir des eaux résiduaires destinées à l'irrigation de leurs champs.

Emploi du vitriol vert en arboriculture. — M. Opoix, membre correspondant de la Société nationale d'agriculture, a présenté ses

nouvelles recherches sur l'emploi du sulfate de fer dans les maladies des arbres fruitiers et spécialement dans la chlorose, cette anémie des végétaux.

On arrive bien souvent à faire disparaître cette maladie en améliorant les sols par des apports de bonne terre et avec le concours des engrais naturels et chimiques.

Le sulfate de fer a été essayé depuis longtemps avec succès. M. Opoix estime qu'utilisé par pulvérisation sur les feuilles à 1/1 000, ou sur le sol à 10/000, ou mélangé au sol par épandage, 10 kg. par are, il n'a jamais donné de résultats bien appréciables.

Appliqué au contraire par gouttes (au 3/100), sur les coupures fraîches des rameaux, il produit une efficacité plus active.

Mais la meilleure action revivifiante est produite par son introduction en poudre dans des perforations creusées au moyen de la tarière dans le tronc de l'arbre chlorosé, à 10 cm. au-dessus de la greffe, la perforation atteignant le centre de l'arbre, soit le canal médullaire, et étant faite de haut en bas. Le sulfate de fer y est introduit en poudre, bien tassé à l'aide d'une cheville de bois dur jusqu'à la partie extérieure de l'aubier, et le tout est obturé avec du mastic à greffer.

J. GARÇON.

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AÉRODYNAMIQUE

Sur un procédé d'observation des trajectoires suivies par les éléments d'un courant d'air gêné par des obstacles de forme variable.

— Le gaz acétylène, dont la densité est très voisine de celle de l'air, présente un indice relatif élevé, de telle sorte qu'il suffit d'éclairer un jet d'acétylène dans l'air, avec une source lumineuse peu étendue, pour voir apparaître, sur un écran placé au delà, la silhouette du jet qui se détache comme une bande brillante bordée par deux lignes sombres.

Si à l'aide d'un tube de faible rayon (2 à 3 mm.) on introduit ce jet dans le vent d'une soufflerie, la projection lumineuse correspondante prend différents aspects suivant la vitesse que le filet d'acétylène possède à sa sortie. En égalisant les vitesses de l'acétylène et de l'air, on obtient une ligne lumineuse dont la longueur est d'autant plus grande que le vent présente un moins grand degré de turbulence.

Le débit de l'acétylène ayant été réglé de manière à donner au jet le maximum de longueur, il suffit de transporter ce dernier dans le voisinage des obstacles placés dans le vent pour voir sa silhouette s'incurver et dessiner la perspective des trajectoires que l'on désire étudier.

Si, par excès de précaution, on voulait n'introduire dans l'air que du gaz ayant rigoureusement la même densité que l'air, on y parviendrait en refroidissant l'acétylène à une trentaine de degrés au-dessous de la température ambiante et en lui ajoutant de l'acide carbonique; environ 3 litres de CO_2 pour 8 litres de C_2H_2 . L'indice du mélange est suffisant pour obtenir les mêmes effets optiques.

Pour les expériences de cours, on peut substituer avantageusement à l'acétylène, de l'éthylène qui ne répand pas d'odeur désagréable et a un indice encore plus élevé.

(Note de M. H. Lafay, présentée par M. Maurice Hamy à l'Ac. des Sciences, séance du 6 février 1911.)

Sur la stabilisation des aéroplanes au moyen de gyroscopes. —

Les expériences ont été faites à Chalais-Meudon. Les gyroscopes ont été construits sur les dessins de M. Delaporte. La masse tournante pèse environ 5 kg. 800; la vitesse de rotation peut atteindre sans inconvénient 10 000 à 12 000 tours. En expérience, il a été suffisant de tourner à 6 000 tours. On n'a pas utilisé directement, pour la stabilisation, l'inertie des gyroscopes: ils devaient seulement conduire automatiquement des gouvernails. Dans ce but, les gyroscopes étaient enfermés dans un carter susceptible d'osciller librement, par le moyen de deux tourillons, autour d'un axe perpendiculaire à l'axe de rotation. Si cet axe de tourbillonnement est dirigé, par exemple, dans le sens de la marche de l'aéroplane et si l'appareil tend à s'incliner en profondeur, soit pour se cabrer, soit pour piquer vers le sol, le gyroscope réagit contre le mouvement d'inclinaison en prenant un mouvement de précession autour de l'axe de tourbillonnement. C'est ce mouvement de précession qu'on transmet au gouvernail de profondeur par des liaisons convenables.

Au point fixe, deux séries d'expériences ont été faites. La première consistait, après avoir monté le système du gyroscope et du gouvernail sur une charpente oscillante comme une sorte de grand fléau de balance, à exposer le gouvernail au vent de la soufflerie qui avait servi aux expériences du colonel Renard sur les dirigeables; la deuxième, à transporter l'ensemble du système au sommet de la tour Eiffel. Les résultats ont été identiques. On voyait le gouvernail

commandé par le gyroscope rétablir automatiquement l'équilibre dès que celui-ci était dérangé.

En vol libre, on disposa les stabilisateurs gyroscopiques sur des aéroplanes d'abord non montés, puis montés sans moteur, qui effectuèrent des glissades (méthode analogue à celle de Lilienthal, des frères Wright et du capitaine Ferber). On ne constata aucun mouvement d'oscillation périodique sensible, bien que ceux-ci aient pu prendre naissance sous l'influence du système gouvernail-gyroscope.

L'action des gouvernails gyroscopiques s'est enfin toujours fait sentir dans le sens convenable quand on a dérangé l'équilibre de la machine en changeant la répartition de la charge et en opérant dans des vents irréguliers et variant souvent. Actuellement, l'auteur poursuit ces études à l'établissement militaire de Vincennes avec des aéroplanes à moteur. La force motrice nécessaire pour actionner ces gyroscopes, était primitivement empruntée au moteur par flexible et galets de friction; à présent, une hélice auxiliaire de petit diamètre, exposée directement au vent de l'hélice propulsive, fournit cette énergie.

(Note de M. Girardville, présentée par M. H. Deslandres à l'Ac. des Sciences, 16 janvier 1911.)

CHIMIE

La fabrication de l'hydrogène pour le gonflement des ballons en Allemagne. — Les installations de Strasbourg et de Metz sont destinées à produire, pour l'armée, de l'hydrogène par électrolyse de l'eau. Elles peuvent donner par jour de 600 à 660 m³; elles ne sont donc plus en rapport avec les besoins actuels et sont d'une exploitation trop onéreuse. Le procédé consistant à faire passer de la vapeur d'eau sur du fer pour obtenir de l'hydrogène fut bientôt abandonné par les grandes exploitations. Un meilleur procédé est celui de l'Internationale Wasserstoff-Aktien-Gesellschaft qui consiste à faire passer du gaz à l'eau sur une masse ferreuse rendue aussi spongieuse que possible: il est employé par l'administration de l'armée à Cologne. Les procédés de Frank, Caro et Linde reposent aussi sur l'emploi du gaz à l'eau. Frank et Caro enlèvent la majeure partie de l'oxyde de carbone au moyen d'une solution de chlorure de cuivre, le gaz abandonne le reste de l'oxyde de carbone et l'azote en passant sur du carbure de calcium. Linde a employé l'air liquide pour liquéfier l'oxyde de carbone et l'azote.

Pour le remplissage de petits ballons, pour lesquels le prix de revient du gaz n'a qu'une faible importance, on peut recommander l'emploi de l'hydruide de calcium, qu'il suffit d'introduire dans un générateur analogue à ceux qui servent à obtenir de l'acétylène. Toutefois, pour éviter une réaction trop violente, il est utile de baigner l'hydruide dans du pétrole avant de s'en servir.

Le procédé du Consortium für Elektrochemische Industrie de Nuremberg, consiste à faire réagir le silicium sur la soude. Ce procédé est devenu pratique parce que le Consortium a pu abaisser le prix du kilogramme de silicium de 15 ou 16 marks à 1,30 mark (de 18 fr. 50 ou 19 fr. 75 à 1 fr. 60) il fonctionne d'une façon satisfaisante à Maria-Born, près de Mayence. Récemment, on a construit une installation transportable reposant sur le même principe. La réaction est régularisée au moyen d'une petite quantité de paraffine molle.

Le procédé de Friedrishafen consistant à enflammer, au moyen de l'étincelle électrique, de l'acétylène à la pression de 6 à 8 atmosphères, donne 1 kg. de noir de fumée par mètre cube de gaz et

permet de livrer de l'hydrogène à 15 pfennigs (fr. : 0,17 le m³ ; mais il est très dangereux.

Le *Berlin-Anhaltische Maschinenfabrik Aktien-Gesellschaft* vaporise de l'huile et décarbure le gaz obtenu qui est ensuite purifié. Elle a construit sur ce principe une installation transportable.

(Communication de M. Nass au Verein für Stickstoff-und Sauerstoff-Industrie, Berlin, 1^{er} février 1911).

La nitrification par les rayons ultra-violet. — Les rayons ultra-violet ont la propriété de déterminer l'union de l'oxygène et de l'azote, mais la nitrification à la température ordinaire ne dépasse pas le stade nitreux. Ce nouveau mode d'oxydation de l'azote pourra peut-être trouver une application dans l'industrie des composés oxygénés de l'azote. D'autre part, la lumière transforme, comme l'on sait, les composés ammoniacaux en azotite d'ammonium, mais l'azote ainsi oxydé tend à reprendre l'état libre : une solution concentrée d'azotite d'ammonium est décomposée par les rayons ultra-violet avec dégagement d'azote pur, ce qui prouve qu'il y a eu dénitrification. Les rayons ultra-violet agissent donc comme des ferments.

(Note de MM. D. Berthelot et H. Gaudechon, présentée par M. Jungfleisch à l'Ac. des Sciences, 27 février 1911.)

Les matières premières destinées à la fabrication du ciment Portland. — Pour être de bonne qualité, le ciment Portland doit être composé de la manière suivante : silice, de 22 à 23 % ; alumine, de 6 à 7 % ; oxyde de fer (Fe₂O₃), de 2 à 3 %. La proportion moyenne de chaux est de 57 à 66 %. Si les matières premières n'ont pas la composition désirable, on peut les corriger par des additions convenables. La correction bien connue au moyen de la pierre à chaux n'offre pas de difficultés.

Un cas intéressant s'est présenté pour une fabrique de la presqu'île balkanique : on avait affaire à une marne contenant 20 parties de silice et 4 parties de sesquioxyde ; la quantité de chaux était normale. La matière première était donc très siliceuse, il fallait la corriger par une autre matière pauvre en silice et riche en oxyde de fer : on a employé du minerai de fer à 68 % d'oxyde de fer. La résistance à la pression du ciment ainsi obtenu était, après un an, de 468 kg. par centimètre carré. Ce genre de ciment, riche en fer et pauvre en argile, convient particulièrement aux constructions maritimes.

Dans un autre cas, on disposait d'une pierre à chaux contenant de 85 à 90 % de carbonate de chaux et d'une argile très pauvre en silice. On aurait ainsi obtenu un ciment trop rapidement liant, et durcissant peu. En ajoutant du sable aux matières premières, on a pu remédier à cet inconvénient. Sans sable, la résistance à la pression était de 246 kg. ; avec sable, elle atteignait 344 kg. Après un durcissement combiné (vingt-huit jours), la résistance était de 398 kg. sans sable et de 408 kg. avec sable ; après un an, on avait 324 kg. sans sable et 538 kg. avec sable.

(Communication de M. H. Kühle à la 34^e General-Versammlung des Vereins deutscher Portland-Zement-Fabrikanten E.V., Berlin, 16-18 février 1911.)

Résultats d'essais faits en gâchant le ciment avec des liquides susceptibles de produire de l'acide carbonique. — En gâchant le ciment avec des liquides susceptibles de dégager de l'acide carbonique (eau de seltz, carbonate de soude, urine), on augmente un peu la consistance des mortiers de ciment conservés sous l'eau. Les liquides peuvent avoir une influence nuisible sur les mortiers conservés à l'air.

Il serait préférable de ne faire agir ces liquides qu'à la surface du mortier, après durcissement, pour carbonater la chaux libre et boucher les pores.

(Communication de M. Férét à l'Association internationale pour l'essai des matériaux, 21 janvier 1911.)

Corrosion des récipients domestiques. — L'étamage des récipients destinés à la cuisson des aliments peut être dangereux. Il importe en effet que ces derniers contiennent moins de 300 milligr. d'étain par kg. De plus, la plupart des métaux employés sont dangereux, surtout si la nourriture séjourne quelque temps dans le récipient. Bien que l'étain soit peu soluble, il est dangereux, car on réalise rarement un étamage parfait. Le Dr Gudeman fit des expériences permettant de recouvrir le fer d'un enduit inattaquable par les produits comestibles. Il employa d'abord l'or en couche suffisamment mince pour que le prix ne fût pas prohibitif. Le plat était doré par l'emploi d'amalgamé d'or, après quoi on éliminait le mercure par distillation. Cependant, le prix de

revient du procédé était trop élevé. Il essaya alors d'émailler les plats en fer et, pour éviter les fendillements de l'émail, il le força à pénétrer à l'intérieur en exerçant une pression de 2500 à 4000 kg. par pouce carré ($\frac{100}{15}$ cm²). L'excès d'émail était enlevé, puis le plat chauffé

à la température de fusion de l'émail. Des plats ainsi préparés résistent même à l'action de l'acide sulfurique bouillant.

Poursuivant ses essais dans cette voie, le Dr Gudeman chercha à faire pénétrer le verre dans le fer, et réussit. Un fer ainsi vitrifié résiste aux actions corrosives quelconques, aussi bien que le verre. Le seul ennui est qu'il dut employer un verre fusible à base de plomb, ce qui pourrait constituer un danger pour la nourriture.

Le docteur Gudeman continue ses recherches.

(Rapport lu par le Dr Edward Gudeman, de Chicago, au meeting de The American electrochemical Society, 1910.)

Notes sur les huiles essentielles : l'essence de fleurs d'oranger.

— Les orangers du Midi fleurissent souvent deux fois par an : en mai et fin octobre. En général, la seconde poussée de fleurs est négligeable par rapport à l'importance de la première et ces fleurs ne sont pas traitées.

Une étude comparative des rendements obtenus avec ces deux floraisons donne les résultats suivants :

En traitant environ 300 kg. de fleurs par le procédé dit « d'extraction », et des lavages dont l'auteur donne le détail, et en rapportant les rendements ainsi obtenus à 1 000 kg. de fleurs, on trouve : en mai : 2 kg. 272 de résidu d'évaporation du dissolvant, et en automne, 1 kg. 795 seulement.

En isolant ensuite l'huile volatile, par entraînement, au moyen de la vapeur d'eau, on a obtenu les quantités suivantes :

	MAI	AUTOMNE
Essence directe	0 kg. 6590	0 kg. 6115
— soluble	0 kg. 0773	0 kg. 0521
— totale	0 kg. 7363	0 kg. 6636

Ces rendements montrent qu'au mois de mai, 1 000 kg. de fleurs renferment 82 kg. 7 d'huile essentielle de plus qu'en automne.

L'auteur met en regard les constantes physiques et chimiques de ces diverses essences (directes, solubles, totales), de mai et d'automne. Il indique leur pouvoir rotatoire, la teneur en anthranilate de méthyle, fer, éther et alcools terpéniques.

Dans une deuxième note, il étudie l'essence de Schinus Molle L. produit d'Amérique.

(Mémoires présentés par M. G. Laloue à la Soc. chimique de France, Bulletin, 20 déc. 1910.)

ÉLECTRICITÉ

Compoundage des alternateurs au moyen des soupapes électrolytiques. — Les alternateurs peuvent s'exciter spontanément sur leur propre induct par l'intermédiaire de soupapes électrolytiques. Ce fait permet de construire, au moins théoriquement, non seulement des génératrices à courant alternatif sans excitatrice, mais même des dynamos à courant continu sans collecteur. Les soupapes électrolytiques permettent en outre le compoundage des alternateurs. Les expériences ont été faites sur un alternateur triphasé de 10 kilovolts-ampères. Les trois bornes étaient reliées, suivant le montage ordinaire, à trois paires de soupapes électrolytiques et le courant redressé, sortant de la batterie de soupapes, aboutissait à l'enroulement de compoundage de l'alternateur. Un petit rhéostat, placé en dérivation sur cet enroulement, permettait d'y laisser entrer une portion plus ou moins grande du courant redressé.

Le courant redressé total, sortant des soupapes, est pratiquement proportionnel au courant triphasé débité par l'alternateur, et en cas de charge un peu différente des trois phases, à la somme des trois courants alternatifs débités par les trois conducteurs.

On est arrivé à réaliser un compoundage d'une précision sensiblement du même ordre que celle obtenue dans le compoundage d'une dynamo à courant continu.

En faisant débiter l'alternateur, non plus sur des simples résistances ohmiques, mais sur des résistances fortement inductives (moteurs asynchrones triphasés, tournant à vide), le compoundage n'était plus suffisant : il fallait admettre dans l'inducteur, à l'aide du rhéostat com-

pensateur, une portion plus grande du courant redressé. Le compoundage dépend donc du facteur de puissance $\cos \varphi$ du circuit d'utilisation et, dans la pratique, il sera prudent de prévoir le compoundage pour $\cos \varphi$ minimum. Il faudra alors agir, de temps en temps, sur ce rhéostat compensateur, par exemple, par un dispositif automatique, fonction de $\cos \varphi$. Le même alternateur monté en monophasé, a pu être compoundé d'une façon analogue. Il suffit, dans ce cas, d'un transformateur monophasé et de deux paires de soupapes pour redresser le courant transformé.

(Note de M. C. Limb, présentée par M. Lippmann à l'Ac. des Sciences, le 30 janvier 1911.)

Les interrupteurs à huile. — Il y aurait grand intérêt à ce qu'une étroite coopération s'établisse entre les constructeurs et les propriétaires de centrales d'électricité, en vue d'élucider les différentes questions qui se rattachent au fonctionnement des interrupteurs à huile; ceux-ci ont complètement fait disparaître les anciens interrupteurs dans les grandes installations génératrices, mais les conditions de fonctionnement deviennent de plus en plus difficiles, par suite de ce que la production se concentre sans cesse davantage et de ce que l'on utilise des groupes électrogènes de plus en plus grands; les intensités de court-circuit que l'on constate avec les turbo-générateurs sont très grandes.

(Communication de M. E. B. Merriam, à l'American Institute of Electrical Engineers, février 1911.)

Sur les transmissions électriques. — L'auteur donne une étude générale des transmissions électriques modernes à grande distance, en s'inspirant des installations américaines. D'après lui, les difficultés qui se sont opposées jusqu'ici à l'emploi du courant continu peuvent, pratiquement, être considérées comme à peu près surmontées; en tout cas, les longueurs de transmission, actuellement existantes, seront considérablement dépassées dans un avenir plus ou moins prochain. Examinant les diverses parties des installations, l'auteur préconise l'emploi des isolateurs de suspension dont l'expérience a fait voir la supériorité économique en ce qu'ils diminuent les pertes en ligne et réduisent les frais d'installation; les supports de ligne à isolateurs de suspension, pour une transmission de 50 000 kw., coûtent 6 500 francs; ceux pour une ligne ordinaire reviennent à 8 750 francs; les supports flexibles ne coûtent que 5 000 francs. L'auteur recommande encore l'emploi, pour la protection des lignes à haute tension, d'un câble d'acier tendu de support à support; ce câble contribue à assurer la stabilité des tours; à ce point de vue, il y aurait même intérêt à le dédoubler. Les lignes devraient, de préférence, être constituées de plusieurs fils mis en parallèle; la sûreté de fonctionnement serait mieux garantie. Les téléphones ne devraient jamais être branchés sur les circuits portés par les supports de la ligne à haute tension qu'à l'aide de transformateurs; il vaudrait mieux encore avoir des lignes téléphoniques séparées, car celles qui sont installées sur les supports des transmissions donnent lieu à des ennuis et présentent beaucoup de danger.

(Communication de M. W. W. Taylor, à l'Institute of Electrical Engineers, 26 janvier 1911.)

Lignes de transmission à très haute tension. — Il existe, dès à présent, plusieurs transmissions à 110 000 volts en fonctionnement régulier; on projette d'en établir à 140 000 volts et la tension de 200 000 paraît aujourd'hui aussi pratique, sinon plus, que ne l'était il y a dix ans celle de 100 000 volts. L'auteur s'occupe particulièrement de la question des supports; les supports flexibles donnent de bons résultats, pourvu que l'implantation en soit bonne; les supports de béton armé conviennent pour les lignes à moyenne tension; avec des portées d'une centaine de mètres, ils ne coûtent pas plus que les supports en bois et ils sont plus durables; ils ont sur les supports métalliques l'avantage d'un moindre encombrement.

(Communication de M. E. B. Matthews, à l'Institute of Electrical Engineers, 26 janvier 1911.)

Sous-stations de transformation. — Les appareils de commutation doivent être calculés largement, car ils constituent la clef du système. Les transformateurs peuvent généralement être à ventilation naturelle dans les installations de petite ou de moyenne capacité; des transformateurs à ventilation artificielle ou à réfrigération par circulation ne sont avantageux que dans les grandes sous-stations où un ouvrier est déjà nécessaire pour la surveillance du matériel électrique et peut être chargé de l'entretien de l'installation de réfri-

gération. Le prix des transformateurs à ventilation naturelle, rapporté au kilowatt, diminue avec l'accroissement de la taille, mais à partir d'une certaine limite, 1 000 kw., la diminution cesse d'être sensible; il y a lieu de tenir compte de ce fait dans la détermination des équipements; ainsi, il est moins coûteux d'avoir deux transformateurs de 1 000 kw. que trois de 500. Les installations souterraines à 10 000 ou 12 000 volts ne demandent pas de déchargeurs de surtensions; pour les tensions supérieures, des déchargeurs à rouleaux sont nécessaires. Les réseaux aériens sont protégés par des parafoudres.

(Communication de M. P. V. Hanter, à l'Institution of Electrical Engineers, 16 janvier 1911.)

Nouveaux appareils de mesure pour courants alternatifs. — L'auteur présente des appareils d'une grande souplesse permettant d'effectuer les mesures les plus délicates concernant les courants alternatifs. Ce sont des galvanomètres à cadre mobile, comme ceux de Desprez-d'Arsonval, mais dans lesquels l'aimant est remplacé par un électro-aimant excité par le courant alternatif à mesurer. Suivant les montages adoptés, l'auteur peut employer l'appareil comme voltmètre, ampèremètre ohmmètre, fréquencemètre. On élimine, pour les deux premiers cas, l'influence de la fréquence; dans le dernier cas, au contraire, on élimine l'influence des variations de tension, au moyen d'une force électro-motrice placée sur l'électro-aimant, en phase ou en quadrature avec le courant et d'une self-induction (ou d'une capacité) branchée sur le cadre mobile. Ces dispositifs ont été appliqués par l'auteur à la construction d'appareils industriels à grand couple directeur et à grande sensibilité.

(Communication de M. Abraham, à la Soc. Internationale des Electriciens, 1^{er} mars 1911.)

Sur un nouveau type de lampe à arc à cathode de mercure et à lumière blanchie. — On fait jaillir un arc électrique entre une anode de tungstène et une cathode de mercure, soit dans le vide, soit dans un gaz inerte, avec un écartement entre électrode de 5 mm. environ. Le mercure ne semble intervenir que pour la facilité de l'allumage. L'électrode de tungstène est portée à l'incandescence dans les meilleures conditions possibles, et le transport du métal au pôle négatif ne paraît pas sensible, ce qui est très appréciable pour la durée de l'électrode. Le rendement de cette lampe est élevé et égal à 0,45 watt par bougie; elle fonctionne sous 12 volts, mais on peut élever ce voltage en augmentant la pression du gaz inerte.

Le spectre de cette source lumineuse est continu et très lumineux; les raies du mercure s'y superposent. Le bleu très intense et renforcé par la raie du mercure, rapproche le ton de la lumière de celui du soleil.

(Note de MM. E. Urbain, Cl. Scalet A. Feige, présentée par M. E. Roux à l'Ac. des Sciences, le 30 janvier 1911.)

L'éclairage électrique par lampe à arc-flamme. — Les conditions dont il faut tenir compte pour faire choix d'une lampe sont nombreuses. Dans les ateliers où fonctionnent des machines à petite vitesse, on peut utiliser indifféremment des lampes à courant continu ou des lampes à courant alternatif; mais, pour les ateliers employant des machines à grande vitesse, les variations de lumière des lampes à courant alternatif peuvent produire des ombres très désagréables. L'un des avantages essentiels des lampes à arc-flamme est de pouvoir être suspendues à une grande hauteur; par exemple, plus haut que la partie supérieure des ponts roulants, aux déplacements desquels elles ne nuisent donc jamais. Si plusieurs lampes fonctionnent en série, l'extinction de l'une d'elles, en provoquant l'arrêt des autres, serait susceptible d'occasionner des pertes considérables, si l'on n'y paraît point; mais on possède des dispositifs automatiques qui substituent immédiatement à la lampe éteinte une résistance et rétablissent la continuité du circuit. Les globes clairs doivent être préférés aux globes opaques, qui absorbent 20 % de lumière.

(Communication de M. Caird, à l'American Institute of Electrical Engineers, février 1911.)

Sur des expériences de télégraphie sans fil en aéroplane. — Pour que les aéroplanes militaires puissent rendre tous les services qu'on est en droit de leur demander, il serait désirable que le pilote puisse être en continuelle communication avec un poste à terre. La télégraphie sans fil paraît indiquée pour résoudre cette question. Des expériences ont été poursuivies dans ce but à l'aérodrome de Buc, à bord d'un aéroplane Maurice Farman, depuis la fin d'octobre 1910.

Une bobine alimentée par quatre accumulateurs fournissait des étincelles de 10 cm. L'un des pôles de l'éclateur était relié aux tendeurs en acier et à la masse métallique de l'aéroplane; l'autre pôle, à une antenne soigneusement isolée. Cette antenne était constituée par deux fils de cuivre de 0^m,4 de diamètre, de 50 mètres de longueur, qui pendaient parallèlement l'un à l'autre à l'arrière de l'aéroplane. Pendant le vol, ces fils se relevaient jusqu'à devenir presque horizontaux.

Le poids total de l'installation s'élevait à 20 kg. Le pilote, M. M. Farman, était seul et actionnait le manipulateur. Les ondes reçues dans le hangar de l'aérodrome étaient décelées à l'aide du détecteur électrolytique Ferrié, relié à une antenne horizontale de 200 m. de longueur, supportée par des poteaux de 8 m. de hauteur.

L'aéroplane a évolué, dans un rayon de 12 km. du hangar, sans que les signaux aient cessé un seul instant d'être très nettement perçus.

De nouvelles expériences sont entreprises avec une bobine de 20 cm. d'étincelles et des antennes de 100 mètres de longueur : un passager accompagne M. M. Farman et actionne le manipulateur.

En résumé, rien ne s'oppose à l'emploi, en aéroplane, de la télégraphie sans fil limitée tout au moins à l'émission : il faut avant tout des instruments robustes, assez légers, peu encombrants et ne se dérégant pas sous l'action des trépidations du moteur.

(Note de M. A. Senouque, présentée par M. Lippmann, à l'Ac. des Sciences, 23 janvier 1911.)

La mesure des longueurs d'ondes hertziennes. — Il est difficile de graduer exactement les ondemètres utilisés en télégraphie sans fil. La méthode de graduation par comparaison n'est pas d'une certitude complète; aussi l'auteur emploie-t-il le calcul des self-inductions de circuits de forme géométrique régulière et la mesure de résistances ohmiques.

(Note de M. Ferrié, présentée à l'Ac. des Sciences, par M. Villard, 27 février 1911.)

Nouveau mode d'exploitation télégraphique système multiplex-Mercadier-Magunna. — Ce procédé consiste à superposer, dans un sens ou dans les deux sens, plusieurs transmissions à courants ondulatoires à un courant continu. Ce système permet une exploitation intensive.

Les courants ondulatoires sont produits par des électro-diapasons spéciaux et sont envoyés sur la ligne par les manipulateurs des appareils ordinaires. Ces courants, à la réception, sont séparés du courant continu par un dispositif Van Rysselberghe approprié, et sont triés au moyen d'un relais synthonisé (relais monophonique). Un relais Baudot transforme les émissions à courant ondulatoire en émission à courant continu.

Des essais, faits entre Paris et Lyon, ont été satisfaisants. Six Hughes et un quadruple Baudot ont pu fonctionner simultanément sur la même ligne.

(Communication de M. Magunna à la Soc. des Ingénieurs Civils, séance du 3 mars 1911.)

MÉCANIQUE

Pressions sur les tubes. — Se servant de chiffres expérimentaux donnant les pressions d'aplatissement sur des tubes d'acier de 7 cm. à 30 cm. de diamètre et en considérant les colonnes encastrées équivalentes définies comme suit : longueur = 1, 2 circonférence moyenne du tube, épaisseur = épaisseur du tube, largeur = unité, l'auteur trouva les formules suivantes permettant de déterminer la pression de flambement des pièces d'acier :

$$(K) \quad S = 42,640 - 127,4 \frac{l}{r}$$

$$(L) \quad S = 708,000,000 \left(\frac{r}{l} \right)^2$$

La formule (K) s'applique lorsque $\frac{l}{r} < 221$, tandis que (L) s'applique lorsque $\frac{l}{r} > 221$. S représente la charge axiale sur la colonne en livre

(153 gr.) par pouce carré (pouce = $\frac{10}{4}$ cm.)

l, la longueur de la colonne ;

r, le rayon de giration de la section (tous deux exprimés avec la même unité).

(Communiqué par le professeur Reid T. Stewart à The American Society of Mechanical Engineers, janvier 1911.)

Détermination nomographique de chemin parcouru par un navire en cours de mouvement varié. — Le chemin x (en mètres) parcouru par un navire en déplacement P (en tonnes), à partir du changement d'allure du moteur qui fait passer la vitesse de V_0 à V_1 , est donné par la relation :

$$x = 70,78 P^{\frac{1}{2}} \log \frac{(V_1 + V_0)e^{At} + (V_1 - V_0)}{4 V_1^2 e^{At}}$$

La vitesse est exprimée en mètres par seconde, t en seconde, A est donné par l'expression :

$$A = 0,0326 P^{-\frac{1}{2}} V_1$$

Cette formule, due à M. Bertin, a été traduite par l'auteur nomographiquement, ce qui supprime les longs calculs que nécessite la formule précédente.

(Note de M. d'Ocagne, présentée par M. Bertin, à l'Ac. des Sciences, 27 février 1911.)

Classement des moteurs à pétrole. — La formule donnant la puissance des moteurs à pétrole, publiée par le Horse-Power Formula Committee of the royal Automobile Club, la Society of Motor Manufacturers and Traders et l'Institution of Automobile Engineers, est la suivante :

$$\text{Puissance en chevaux-vapeurs} = 0,45 (d + s) (d - 1,18) N,$$

dans laquelle d est l'alésage du cylindre en pouces, s la course exprimée aussi en pouces ($\frac{10}{4}$ cm.) et N le nombre de cylindres.

Cette formule fut critiquée au meeting du 15 février de The Institution of Automobile Engineers.

M. Lanchester fit remarquer que, si $d = 0$, la formule donne une puissance différente de zéro, tandis que si $d = 1$ pouce 18, le moteur a une puissance nulle. On lui répondit que la formule était empirique et s'appliquait seulement au moteur ayant un alésage compris entre 2 1/2 et 5 pouces.

Il porta alors la discussion sur ce fait que la formule tient compte de la diminution de la pression moyenne causée par la diminution de diamètre du cylindre, expliquée par le plus grand refroidissement par les parois. Il prétendit que l'effet du refroidissement peut être compensé par une compression initiale plus grande.

Il remarqua enfin que la perte de puissance causée par la chute plus rapide de la courbe de détente due, dans les cylindres de faible diamètre, au refroidissement plus grand des parois, est compensée par une élévation plus lente de la courbe de compression.

M. L. H. Pomeroy prétendit que la formule, en l'admettant exacte pour un moteur de 3 pouces d'alésage, donnait, pour un moteur de 4 pouces, une puissance de 11 % trop forte.

(Discussion ayant eu lieu au meeting du 10 février 1911 de The Institution of Automobile Engineers.)

Sur l'extensibilité du caoutchouc vulcanisé. — L'allongement total y d'une éprouvette de caoutchouc vulcanisé peut être relié à la charge x qui le provoque par une formule de la forme :

$$y = cx + a \sin^2 bx;$$

les coefficients c , a , b , dépendent de la nature du caoutchouc considéré. Ces coefficients c et a sont reliés à la longueur l et à la section s de l'éprouvette par les relations :

$$c = k \frac{l}{s} \quad a = \alpha \frac{l}{s},$$

tandis que b est indépendant des dimensions de l'éprouvette. L'allongement d'une éprouvette de longueur et de section unité peut donc se mettre sous la forme :

$$y = kx + \alpha \sin^2 bx,$$

k et α ont une valeur d'autant plus grande que le caoutchouc est meilleur, les variations de b ne sont pas aussi nettes. Le caoutchouc ne possède des propriétés élastiques stables qu'à partir de la troisième traction.

La loi d'extensibilité reste vraie jusqu'à la charge de rupture X , exprimée par unité de section, et l'allongement total limite pour une éprouvette de longueur et section unités sera :

$$\gamma = kX + \alpha \sin^2 bX,$$

bX prend des valeurs croissantes avec la valeur du caoutchouc.

La détermination expérimentale des constantes k , α et bX permet de caractériser, d'une manière précise, un caoutchouc déterminé.

(Note de MM. Chéneveau et Henri, présentée par M. H. Léauté à l'Ac. des Sciences, séance du 6 février 1911.)

MÉTALLURGIE

Influence de la composition et du traitement thermique sur l'acier. — M. A. Mc William a constaté que, dans les aciers fer-carbone purs, la résistance augmente avec une teneur en carbone jusqu'à 1,25 % de carbone, puis diminue. Dans les aciers à 1 % de manganèse, on atteint la résistance maximum avec 0,75 % de carbone. Avec les aciers à 2 % de chrome, la résistance maximum s'obtient avec 0,85 % de carbone. Le traitement thermique (trempe et recuit) porte de 38 à 114 tonnes par pouce carré (¹) la résistance d'un acier à 0,5 % de carbone et 2 % de chrome.

(Note de M. Mc William au Congrès de l'Association britannique pour l'avancement des Sciences, Sheffield, 1910.)

Altérabilité de l'aluminium. — De nombreuses discussions ont déjà eu lieu sur la question de l'altération spontanée d'objets en aluminium, fabriqués par emboutissage de tôles minces.

D'après l'auteur, la désagrégation du métal résulte de l'ouverture de joints cellulaires due à une action mécanique ou chimique. Des photographies du métal altéré, prises après attaque dans une solution de chlorure de sodium, sous l'action d'un courant électrique de 1 centiampère par centimètre carré, prolongé pendant une minute, montrent sur toute la surface un réseau cellulaire et continu. L'attaque par le courant de la pile suffit pour détacher des grains métalliques que l'on voit flotter dans le liquide. Leur enlèvement laisse à la surface des trous noirs polygonaux et les contours réguliers montrent nettement qu'ils occupent la place d'anciennes cellules disparues.

Les tentatives faites au laboratoire pour provoquer la formation de la structure cellulaire et obtenir ensuite l'arrachement des grains ont semblé prouver que l'aluminium renfermant de petites quantités de calcium métallique, doit plus facilement se prêter à la reproduction de cette structure.

(Note de M. Le Chatelier à l'Ac. des Sciences, séance du 23 mars 1911.)

MINES

Etude comparative des poussières au point de vue de l'inflammabilité. — Un dispositif spécial permet de donner des indications qualitatives sur l'inflammation des poussières : on chauffe un tube de porcelaine, de 25 mm. de diamètre intérieur et 10 cm. de hauteur en plaçant son axe verticalement ; quand les parois ont atteint une température déterminée uniforme, mesurée avec un couple thermo-électrique, on projette la poussière à essayer à l'intérieur du tube, de haut en bas, au moyen d'un brusque jet d'air, et l'on enregistre photographiquement les dimensions de la flamme au tiers de la grandeur réelle.

Les poussières charbonneuses inflammables ne donnent généralement aucune flamme quand le couple thermo-électrique marque moins de 775° et en donnent toujours quand le couple marque plus de 800° ; la température limite est d'environ 590°, 500° pour le lycopode, 500° pour la farine et 460° pour le sucre pulvérisé.

Les dimensions des flammes, pouvant atteindre 42 cm. de longueur avec un épanouissement de 15 cm., permettent de classer les poussières charbonneuses suivant huit types.

Les poussières de charbon essayées dans les mêmes conditions de poids (0 gr. 1), de finesse (tamis n° 240), et de température (900° au couple thermo-électrique), se classent approximativement suivant leur teneur en matières volatiles.

L'addition de schistes diminue l'inflammabilité. La finesse joue un rôle dans l'essai au tube comme dans l'essai en galerie ; mais les particules grossières n'en contribuent pas moins à augmenter les effets de la flamme.

Il n'y a pas d'inflammation avec le coke pulvérisé.

Les matières volatiles semblent constituer le liant nécessaire à la propagation de l'inflammation.

(Note de MM. Taffanel et Durr, présentée par M. H. Le Chatelier à l'Ac. des Sciences, séance du 13 mars 1911.)

(¹) La tonne anglaise vaut 1015 kg. 6 et le pouce carré anglais 6 cmq. 45.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Installation de la tuyauterie d'une station de chauffage central.

Les deux points les plus importants à considérer dans le projet d'installation d'une station de chauffage central sont :

1° La situation de la station ;

2° La situation et l'importance des maisons desservies.

Une méthode ayant donné de bons résultats consiste à faire un plan du quartier à chauffer en notant pour chaque bâtiment sa nature, son usage et la surface de radiateur nécessaire à son chauffage. Il faut ensuite se transporter sur le terrain et marquer la position la plus favorable à l'installation de la station, en tenant toujours compte des agrandissements futurs.

Les Américains comptent 90 % des habitants du quartier abonnés dans les cinq ans, s'il est habité par des gens de fortune moyenne, et 60 à 70 % s'il l'est par des ouvriers. Il faut ensuite établir le prix de revient de la pose de la canalisation, suivant les rues employées. L'augmentation de main-d'œuvre dans les rues étroites dépasse souvent la diminution de frais de remise en état.

En général, les quartiers riches aiment mieux le chauffage à l'eau, les quartiers pauvres le chauffage à la vapeur. Dans le premier cas, on emploie une conduite de retour plus large que la conduite d'aller, afin d'avoir une pression de circulation à peu près constante.

(Rapport présenté par M. B. T. Gifford à The American Society of Heating and Ventilating Engineers.)

TRAVAUX PUBLICS

Protection des disques, talus et côtes par des revêtements en béton armé.

Les revêtements en béton armé, dont une application a été faite à l'île de Schouwen et qu'on est en train de construire à Berck-Plage et à Wimereux, sont formés d'un châssis de poutres en béton armé retenu au sol et formant couvre-joint sur le bord de dalles, également en béton armé, de petites dimensions (environ 2^m,40 × 1^m,80 — 0^m,05 à 0^m,10 d'épaisseur).

Ces dalles, qui ne peuvent se détacher de leur alvéole, ne sont pas solidaires les unes des autres. Elles sont donc susceptibles de résister, au moins momentanément, aux efforts de poussées ou de choc et les dilatations peuvent s'effectuer librement.

Des revêtements analogues ont été imaginés pour remplacer les fascines dans la protection des fonds marins côtiers.

On utilise alors des dalles carrées de 1 mètre de côté, de 7 à 6 cm. d'épaisseur, munies d'oreilles en fer qui permettent de former l'assemblage.

Un flotteur soutient le dispositif pendant qu'on le remorque jusqu'au point voulu.

(Communication de M. de Mural à la Soc. des Ingénieurs Civils, séance du 3 mars 1911.)

Le tunnel construit sous la Detroit River en Amérique.

Ce tunnel, qui fait partie de la première voie ferrée établie sur la rive nord du lac Érié, relie les lignes du Michigan Central Railroad à celles du Canada Southern Railway.

Il a deux voies et mesure 2 535 mètres de longueur (3 025 en adjoignant les tranchées d'approche).

L'intrados se trouve à 5^m,50 au-dessus du rail. La traction électrique (courant continu : prise de courant sur un troisième rail) est utilisée sur une distance, comprenant le tunnel de 7 250 mètres.

Par suite des conditions locales, on a dû employer un mode de travail spécial. Les tubes en acier du tunnel ont été construits par tronçons sur la rive, puis lancés, immergés et mis en place dans des tranchées draguées dans le lit du fleuve.

L'ajustement des tronçons a été ensuite opéré en coulant aux joints du béton par la méthode de la trémie. Enfin, l'eau contenue dans le tunnel a été pompée et le parement intérieur exécuté à sec à la pression atmosphérique.

Les travaux ont duré quatre ans. La ligne a été ouverte au trafic le 22 juillet dernier.

(Communication de M. W. J. Wilgus à l'Institution of Civil Engineers de Londres, séance du 7 février 1911.)

Les premiers sondages du Peel (Limbourg-Nord), en 1904, ne furent pas heureux, mais les suivants amenèrent des résultats intéressants.

Dans le Limbourg-Nord, on a reconnu jusqu'ici une superficie de 16 000 à 17 000 hectares. Les divers sondages effectués ont fait constater les diverses natures suivantes de morts terrains, dont la connaissance est indispensable pour le fonçage des futurs puits dans la région du Peel. Tout d'abord, on rencontre 200 mètres de sables glauconieux, terrains aquifères (qu'on pourra traverser sans doute par congélation) dans le miocène; puis viennent de 200 à 600 mètres de terrains non aquifères, formés d'argiles dures (oligocène), de marnes compactes et grès à la base (éocène). A 600 mètres, sur une hauteur d'environ 50 mètres, on atteint le niveau aquifère dans le crétacé supérieur, formé de calcaires non fissurés; il faudra probablement appliquer la cimentation au passage de ce niveau. Enfin, au-dessous de 650 mètres, on retrouve des terrains non aquifères.

Voici un résumé des ressources en charbon du Peel :

SONDAGES	MATIÈRES volatiles du charbon	PROFONDEUR de la tête du houiller	HAUTEUR du houiller sondé	ÉPAISSEUR de charbon exploitable	CHARBON exploitable
	%	mètres	mètres	mètres	%
Vlodrop II	14 à 18	483	170,69	5,62	3,38
Helenaveen II	20 à 29	730	371,15	9,17	2,47
Baarlo	13 à 19	652	500,00	5,03	1,01
Kessel	16 à 25	687	438,00	10,24	2,34
Helenaveen I	30 à 35	914	319,40	5,19	1,63

Le bassin du Limbourg-Sud, bien que découvert depuis longtemps et même exploité en partie, est moins connu que celui du Peel. Les conclusions actuelles y distinguent quatre zones :

1° Zone des charbons flamands, 37 à 40 % de matières volatiles, reconnue à Brunssum et au sud de Sittard ;

2° Zone des charbons à gaz, 30 à 37 % de matières volatiles, entre Amstenrade et Rompen ;

3° Zone des charbons gras, 5 à 17 % de matières volatiles, au nord et au S.-E. de Heerlen ;

4° Zone des charbons maigres.

Dans ces diverses zones, le charbon a été trouvé à des profondeurs variant de 100 à 500 mètres. Voici quelques renseignements sur les gisements exploités :

NOMS des mines	PUISSEANCE totale des couches	DISTANCE entre les 2 couches extrêmes	PROPORTION de matières volatiles
	mètres	mètres	%
Mine Domaniale	9,00	220	8 à 11
— Willem	4,70	130	8 à 9
— Laura	7,90	110	13 à 14
— Carl (Orange-Nassau) . .	5,65	190	11 à 12
— Wilhelmina	7,00	175	11,5 à 14
— Orange-Nassau I . . .	8,50	250	11 à 14

Dans le Gueldre, à l'est de Nimègue, le houiller n'a été atteint qu'à 1 029 mètres, mais entre 596 et 625 mètres, on avait rencontré des lambeaux de houiller et du charbon. Ce bassin est le prolongement du bassin allemand de Westphalie.

En résumé, M. Clément, ingénieur civil des mines, professeur à l'Université technique de Delft, au travail duquel (*) nous empruntons les divers renseignements de cette notice, estime ainsi la superficie du bassin houiller exploitable en Hollande :

(*) Notes techniques du Comité central des houillères de France, n° 236 (mai 1909).

1° Limbourg-Sud déjà concédé (à l'exception d'une bande à l'est) et partiellement en exploitation, 23 000 hectares (y compris le grand terrain de l'Etat), contenant des charbons maigres demi-maigres et gras, à profondeur de 100 à 450 mètres ;

2° Périmètre de 6 000 hectares à l'ouest du champ de l'Etat, contigu à la Meuse, actuellement demandé en concession, contenant des charbons à gaz et gras à une profondeur de 280 à 500 mètres ;

3° Région de Vlodrop (1 000 hectares) : charbons maigres et demi-maigres à 600 mètres de profondeur moyenne ;

4° Région du Peel (16 000 hectares), contenant des charbons à gaz, des charbons gras et des charbons maigres entre 700 et 1 200 mètres de profondeur ;

5° Gueldre (région de Winterswyk), 2 000 hectares contenant, outre du sel en quantité, des charbons à gaz à plus de 1 000 mètres de profondeur.

M. van Waterschoot van der Gracht, dans un ouvrage récent (*), fait remarquer que le gouvernement néerlandais n'a pas jusqu'ici fait

effectuer de sondages au delà de 1 200 mètres (*), car au delà de cette profondeur, on considère l'exploitation pratique de la houille comme impossible (**). C'est d'après cet ouvrage que nous avons établi les croquis indiquant l'emplacement des gisements hollandais (fig. 1 et 2).

La Hollande renferme donc, en résumé, des réserves houillères considérables. Une partie est à des profondeurs permettant l'utilisation immédiate. Mais d'autres gisements sont trop profondément situés : cependant, les dépôts salifères constatés dans le bassin du Gueldre, au-dessus de la houille, en faciliteront peut-être l'exploitation, comme le pense M. Paul Lemoine (*).

La Hollande peut donc prochainement ajouter, à son commerce déjà si considérable, une industrie nouvelle, celle de l'extraction de la houille.

Paul BARRÉ.

La houille blanche.

Au Congrès de Toulouse de l'Association française pour l'avancement des sciences, M. Juppont a dressé l'inventaire des ressources en houille blanche de la France.

M. Rodet évalue à 10 millions de chevaux-vapeur, dont 600 000 seulement d'utilisés, la houille blanche des Alpes et des Pyrénées. Ce chiffre paraît élevé et M. Rodet ne dit pas si la puissance de 10 millions de chevaux-vapeur qu'il admet, existe en hautes, en moyennes ou en basses eaux.

M. Ader n'estime cette puissance qu'à 2 millions, en eaux moyennes, pour les Pyrénées. Il aboutit à cette estimation par le procédé

(*) The deeper geology of the Netherlands and adjacent regions with special reference to the latest borings in the Netherlands, Belgium and Westphalia. Memoirs of the Government Institute for the geological Exploration of the Netherlands, n° 2 La Haye, 1909.

(2) Le sondage de Paruschovitz (nord de la Silésie) atteint 2 003 mètres.

(3) La mine de Flénu, la plus profonde du bassin houiller franco-belge, est exploitée jusqu'à 1 150 mètres.

(4) Revue scientifique, 18 juin 1910.

suivant : il multiplie le débit d'étiage de chaque rivière utilisable par la différence d'altitude entre son extrémité aval et le niveau moyen du bassin versant, limite au-dessus de la cote 200.

M. Ader signale que ce chiffre est probablement supérieur à la puissance utilisable, mais ce qui est certain, c'est que nos forces hydrauliques (Pyrénées, Alpes, Vosges, Plateau Central, etc.) sont susceptibles d'une puissance capable de remplacer les combustibles minéraux importés annuellement en France.

La valeur de cette importation étant d'environ 400 millions de francs, il résulte que si l'utilisation de toutes les chutes était employée à nous affranchir de cette sujétion, en capitalisant le résultat obtenu à 10 % (afin de tenir compte des frais que sa mise en œuvre nécessiterait), la valeur de la houille blanche française serait d'environ 4 milliards.

Depuis dix ans, la Suisse a victorieusement opposé la houille blanche nationale à la houille noire importée. Malgré son développement industriel considérable, grâce aux applications qu'elle a faites de la houille blanche, l'importation de combustibles minéraux en Suisse n'a pas augmenté depuis 1900 : elle était à 20 570 000 quintaux en 1900, s'est élevée à 25 110 000 quintaux en 1906 et est redescendue en 1908 à 20 598 000 quintaux. L'électrification en cours d'exécution de nombreuses voies ferrées accentuera encore ce phénomène économique.

En France, la consommation de la houille est passée de 46 801 000 tonnes en 1900 à 53 057 000 tonnes en 1907, et, dans ce chiffre, les importations ont augmenté de 14 603 000 à 17 740 000 tonnes, qui correspondent à un accroissement d'exportation de près de 80 millions d'or français par an. Notre capital houille blanche mieux utilisé aurait dû nous permettre d'obtenir un résultat analogue à celui de la Suisse.

Les applications à la locomotion dans les vallées voisines de montagnes ouvrent un vaste champ au développement de la houille blanche, que les applications électro-chimiques et électro-thermiques ont déjà utilisée dans une large mesure : c'est la voie dans laquelle entre la Compagnie du Midi.

Mais, comme l'a fait remarquer M. Juppont, les produits obtenus par les procédés électriques (aluminium, ferro-métaux, chlorate de potasse, soude, carbures, etc.) ne trouvent pas des débouchés aussi rapides que le développement de leur production; l'accroissement de l'utilisation des chutes est limité par l'extension du marché des substances fabriquées.

On doit donc, si l'on veut bénéficier tout de suite de la puissance des chutes d'eau, se tourner vers la fabrication des produits ayant un très large débouché et de préférence vers les produits d'importation, de façon à concurrencer l'étranger avant les industries nationales.

Un champ commercial immense est ouvert aux engrais chimiques agricoles, dont nous importons près de 70 millions de francs par an; aussi fonde-t-on les plus grands espoirs sur la fabrication des produits chimiques basés sur la fixation de l'azote de l'air par des procédés électriques.

Ces procédés, exploités déjà sur une grande échelle en Norvège, datent de 1903, et sont devenus pratiques à la suite des expériences faites à Genève par M. A. Naville avec MM. A. et E. Guye.

Deux systèmes de fabrication sont industrialisés :

1° La fabrication de la chaux azotée (cyanamide calcique) obtenue par un courant d'azote sur du carbure de calcium à 1 000° C. (Martigny, Notre-Dame de Briançon);

oxydation de l'azote atmosphérique par l'oxygène atmosphérique en présence de l'arc électrique, sous l'influence de hautes températures (2 000 à 2 500°); transformation de l'oxyde d'azote en acide nitrique et, enfin, combinaison avec la chaux pour obtenir le nitrate de chaux utilisé par l'agriculture (procédé Birkeland et Eyde) (1).

Le Chili fournit actuellement 2 millions de tonnes de nitrate de soude naturel, que les diverses nations du globe se disputent.

Dans une conférence faite en février 1910 devant la Société des Arts de Genève, M. Guye a indiqué qu'un kilowatt-an peut produire environ 500 kg. d'acide nitrique, correspondant à 625 kg. de nitrate de chaux.

Si l'on affectait à la production du nitrate les 36 millions de chevaux électriques disponibles en Europe, soit 26 millions de kilowatts, on produirait par an 16 millions de tonnes d'engrais.

L'électro-chimie, qui permet d'obtenir des produits commerciaux emmagasinables, peut devenir un adjuvant très sérieux des distributions d'énergie électrique appliquée à l'éclairage et à la force motrice, pour l'obtention desquels la dépense d'énergie est fatalement faite au moment précis de la consommation.

Ces usines sont, en effet, le plus souvent obligées d'avoir un matériel considérable utilisé seulement quelques heures par jour, au moment de la superposition de la force motrice avec le maximum d'éclairage; c'est ce que les techniciens appellent le passage de « la pointe », en raison de la forme du diagramme représentatif du courant débité par une station centrale d'éclairage, surtout en été.

L'installation d'usines électro-thermiques à proximité des machines génératrices permettra d'augmenter, dans une très large mesure, le facteur d'utilisation des usines hydro-électriques à régime variable; le même dispositif assurerait également l'utilisation des excédents dans les usines à régulation hydraulique totale comme celle d'Orlu (2).

STATISTIQUES

Le commerce des Etats-Unis en 1909-1910.

Pendant l'année fiscale 1909-1910, le commerce extérieur des Etats-Unis s'est élevé à 17 100 000 000 de francs. C'est le chiffre le plus élevé atteint jusqu'ici. L'augmentation est de 1 699 000 000 de francs sur l'exercice précédent. Les importations ont été de 8 070 000 000 de francs et les exportations de 9 039 000 000 de francs.

En 1908-1909, les importations étaient de 8 614 000 000 de francs et les exportations de 6 796 000 000 de francs. En un an, les importations ont donc baissé de plus d'un demi-milliard et, par contre, les exportations se sont accrues de plus de 2 milliards.

Voici pour 1909-1910 la répartition des échanges des Etats-Unis :

	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS
	— millions de francs —	
Europe	4 175	5 884
Amerique du Nord	1 590	1 999
Amerique du Sud	1 015	482
Asie	1 005	316
Océanie	192	264
Afrique	93	94
Totaux	8 070	9 039

L'Europe seule contribue donc pour la moitié environ dans les importations et reçoit près

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 3, p. 171 et n° 5, p. 257.

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. I (1909), n° 10, p. 438 et n° 11, p. 497.

des deux tiers des exportations américaines.

Voici maintenant la part des principaux Etats européens :

	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS
	— millions de francs —	
Angleterre	1 404	2 616
Allemagne	875	1 295
France	684	611
Italie	259	274
Belgique	207	212
Pays-Bas	166	440
Autriche	88	78
Russie d'Europe	83	88
Danemark	10	72

Statistique minérale de la Tunisie en 1909.

M. A. I. Golmann, ingénieur, a publié dans l'*Union*, de Tunis, une étude sur la situation minérale de la Tunisie, où il a fait remarquer la grande extension donnée, dans la Régence, à l'exploitation du sol.

C'est ainsi que les exportations de zinc, qui ne s'élevaient qu'à 3 000 tonnes en 1892, se sont élevées successivement à 12 000 t. en 1897 et à 38 927 t. en 1904. Depuis, il y a eu fléchissement, le total de 1908 n'ayant été que de 27 707 t., mais pour 1909, l'exportation est remontée à 33 826 t.

Les exportations de plomb tunisien qui n'étaient que de 773 t. en 1897, sont montées à 14 572 t. en 1902, à 28 110 t. en 1908 et à 37 349 t. en 1909.

Les exportations de cuivre, de 388 t. en 1903, se sont élevées à 1 041 t. en 1906; elles sont descendues à 433 t. en 1908 et à 334 t. en 1909.

La Tunisie n'exportait que 390 t. de fer en 1904; elle en a exporté 20 326 t. en 1909.

L'exportation du sel tunisien a été de 8 175 t. en 1902, 35 344 t. en 1908 et 69 598 t. en 1909.

Enfin, nous n'insisterons pas sur les exportations de phosphates, qui ont fait l'objet d'une étude spéciale (3).

L'industrie électrique au Japon.

M. Kawara publie, dans l'*Electrical World*, quelques données statistiques sur l'emploi et l'importation de machines et appareils électriques au Japon. Il a établi pour 1908 le tableau suivant :

FORCE MOTRICE	GÉNÉRATEURS		DÉBIT TOTAL en Kw	
	en service	commandés	Machines en service	Machines commandées
Eau	274	81	61.376	65.237
Vapeur	857	105	94.202	27.329
Gaz et huile	69	10	757	219
Electricité	19	3	243	300
	1.219	199	156.578	93.085
Dont à courant continu	791	64	29.645	10.258
Dont à courant alternatif	227	135	126.933	82.827

La fréquence la plus généralement employée est de 60.

Des machines en service au Japon, on en compte à peine 15 % qui ont été construites dans le pays, tandis que 60 % proviennent des Etats-Unis. La valeur totale des machines électriques, appareils à courants forts et à courants faibles, des machines motrices et chaudières importées de l'étranger s'est élevée de

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), p. 380.

13 millions de francs en 1906, à 29 500 000 francs en 1908.

TECHNOLOGIE INDUSTRIELLE

Les Locomotives américaines modernes.

Dans une étude récente, publiée par *Cassier's Magazine*, M. J. Cole décrit les locomotives modernes américaines à grande vitesse pour trains de passagers. La locomotive à huit roues a dû être abandonnée, comme ne pouvant plus satisfaire aux exigences actuelles de la traction et ne permettant pas l'augmentation du volume de la chaudière et de la puissance de vaporisation.

D'après des expériences soigneusement faites sur les locomotives par le Dr Goss, de l'Université Purdue, il résulte que, avec une consommation de charbon de l'Indiana de 8 kg. 855 par décimètre carré de grille et par heure, l'évaporation de l'eau est de 5 kg. 706 à 100° par kilogramme de charbon brûlé; tandis que, avec une consommation de 5 kg. 832 par décimètre carré de grille, l'évaporation est de 6 kg. 800 à 100° par kilogramme de charbon, ce qui équivaut à une économie de 18,5 %.

Ce qui caractérise surtout la locomotive à grande vitesse pour trains de voyageurs, c'est l'énorme capacité de sa chaudière comparée à celle des anciens types. On obtient ce résultat en plaçant la boîte à feu en arrière des roues motrices; on a en même temps de plus longues flammes, moins de chaleur dans la boîte à fumée et moins de calories perdues dans les gaz sortants. En règle générale, la combustion de 5 kg. 832 de charbon gras par décimètre carré de grille est un maximum pour une marche économique, plus cette quantité est dépassée, plus le rendement baisse. Aussi, M. Goss est-il partisan des générateurs de grande capacité avec des pressions de vapeur modérées.

Le type américain à 6 roues ne pouvait produire plus de 1 000 chevaux-vapeur, le type Pacific récent à 12 roues du poids de 89 tonnes peut en produire 2 000.

Une locomotive qui travaille en ne donnant pas toute sa puissance peut fournir la force motrice avec un rendement satisfaisant, même comparée à des machines à vapeur fixes. Le cheval-vapeur-heure peut être obtenu avec 1 kg. 6 à 1 kg. 8 de charbon de bonne qualité, et même dans certains cas avec 1 kg. 4 de charbon dans des machines à vapeur saturée. Dans des conditions favorables, la dépense moyenne peut être comptée à environ 1 kg. 800. Si on force la chaudière, cette dépense s'élève facilement à 2 kg. 3 et même 2 kg. 7.

L'Association des Maîtres mécaniciens, dans un rapport de 1908, a émis l'avis que le bon rendement des machines compound provient moins de l'emploi des deux cylindres que de la moindre quantité de vapeur réclamée directement à la chaudière dans le second cas. Avec la vapeur fortement surchauffée, le cheval-vapeur serait donné par 1 kg. 500 de charbon. La même force peut être alors produite avec 10 kg. d'eau qu'avec 12 kg. 230 de vapeur saturée. Il y a, en conséquence, économie de main-d'œuvre appréciable. Ainsi l'économie de la surchauffe peut être estimée à 20 ou même 25 % en comptant tout.

Le type Mallet, par ses dispositions, permet d'accroître la puissance de la locomotive. La limite pratique à l'accroissement des dimensions et surtout de la longueur dépend actuellement de la possibilité d'alimenter le foyer. L'auteur mentionne des vitesses de 130 km. à l'heure avec locomotive du type Atlantic et des trains pesant au total 500 tonnes. Il cite l'exemple d'un record d'une locomotive Atlantic, chauffée à l'antracite, qui a fait du 160 km. à l'heure sur quelques kilomètres.

(A suivre.)

Norbert LALLIÉ.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES DES OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS

Les Chemins de fer coloniaux français, par R. GODFERNAUX, ingénieur, membre du Comité des travaux publics des colonies, secrétaire de la *Revue générale des chemins de fer*, avec préface de M. SAINT-GERMAIN, sénateur. — 1 vol. in-4° de 439 pages, avec nombreuses cartes et planches. (Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1910.)

Cet ouvrage considérable renferme une monographie détaillée de toutes les voies ferrées construites dans les colonies françaises et pays de protectorat, à l'exception de l'Algérie et de la Tunisie. Après une étude aussi complète que possible des ressources et des besoins économiques de chacune de nos colonies, M. Godfernaux trace à grands traits l'histoire des travaux parlementaires qui ont abouti à la promulgation des lois, en vertu desquelles la construction des différentes lignes a pu être entreprise. Il fait toucher du doigt les difficultés presque insurmontables auxquelles se sont heurtés les ingénieurs civils ou militaires, notamment pour l'exécution des lignes du Yunnan et de Madagascar, décrit en détail les tracés adoptés, les ouvrages d'art souvent grandioses qu'il a fallu entreprendre (pont Doumer sur le fleuve Rouge, pont de Mahina sur le Bafing, etc.), donne enfin pour chaque ligne un état détaillé du matériel moteur et roulant, ainsi que les dernières statistiques des résultats d'exploitation. Tous ceux qui s'intéressent au développement de notre magnifique empire colonial se reporteront avec fruit à la magistrale étude de M. Godfernaux. — J. N.

Électricité industrielle Cours élémentaire d'), par P. ROBERJOT, professeur à l'École pratique d'industrie de Reims. Préface de P. JANET, directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'électricité. — In-16 de xii-352 pages, avec 368 figures. Cartonneté, 4 fr. 50. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1911.)

Les connaissances en électricité ne doivent plus être actuellement le privilège de quelques initiés; il faut qu'elles se répandent largement par l'enseignement technique, et tous ceux qui touchent à l'industrie doivent posséder des notions fondamentales et précises à ce sujet.

Le livre de M. Roberjot, qui se recommande par sa clarté, contribuera certainement à atteindre ce but poursuivi par l'enseignement technique officiel et privé. — D. R.

Électricité industrielle (Précis d'), par A. GOULLIART, professeur à l'Institut électrotechnique de Lille. — 1 vol. in-16 de 601 pages, 3 fr. 50. (Alcan, éditeur. Paris, 1911.)

Ce livre a été écrit pour les praticiens. On y trouve exposée simplement et clairement toute l'électricité élémentaire avec ses multiples applications. Il permettra aux praticiens de se rendre compte des faits théoriques sans lesquels il est difficile de comprendre les applications pratiques; il a le mérite d'être un ouvrage à la fois scientifique et de vulgarisation que peuvent consulter ceux mêmes qui n'ont qu'une instruction primaire. — V. B.

Evaporation, condensation et refroidissement, par E. HAUSBRAND, traduit par G. KÖNIG, 1 vol. in-8° de 438 pages, avec 36 fig., cartonné, 20 fr. (Béranger, éditeur. Paris, 1910.)

Cet ouvrage traite de trois questions pratiques qui, au point de vue industriel, sont des

plus importantes. Les différents aspects du problème y sont envisagés successivement dans leurs multiples applications. C'est ainsi que les sujets suivants y sont successivement passés en revue : vapeur d'eau surchauffée, serpents, doubles-fonds, appareils à vide, à évaporation multiple, tuyauterie, condenseurs, réchauffement et refroidissement des liquides, pompes à air, etc.

Cet ensemble permet de se faire une idée des questions abordées dans l'ouvrage, questions qui intéressent pour ainsi dire toutes les industries et qui jusqu'ici n'avaient pas été rassemblées dans un traité en langue française. — L. M.

Machines à courant continu et à courant alternatif (Les enroulements industriels des) (Théorie et pratique), par Eugène MARREC, ingénieur diplômé de l'École supérieure d'électricité. Avec une préface de Paul Janet, directeur de l'École supérieure d'électricité. — In-8° (25-16) de ix-240 pages, avec 212 fig. 1910, 9 francs. (Gauthier-Villars, éditeur. Paris, 1910.)

La question des enroulements des machines à courant continu a été exposée au point de vue de cas industriels et s'adresse aux ingénieurs désirant connaître la constitution des induits modernes.

L'auteur envisage les points suivants : Induits en tambour. L'enroulement doit être symétrique. La spire, la section, la bobine. L'enroulement doit former un circuit fermé. Couplage en séries des sections, conditions de fermeture de l'enroulement et d'utilisation de tous les faisceaux. Enroulements divers. L'enroulement doit comprendre à chaque instant 2 a voies. Relations entre le pas résultant et les constantes de l'enroulement, en vue d'obtenir un nombre de voies déterminé. Nombre de balais nécessaires à la captation du courant. Numérotage des faisceaux dans les entailles, tableaux de bobinage et schémas réduits. Connexions équipotentielles. Choix d'un enroulement. Exemples d'enroulements. Conducteurs et rainures. Epure des bobines. Gabarits. Finissage des sections et isolement des entailles. Schémas d'enroulements des induits d'alternateurs, des stators et rotors de moteurs d'induction et des moteurs à collecteur. Choix d'un enroulement. Conducteurs et rainures. Formes pratiques des enroulements en bobines et en barres. — V. P.

Traité de physique, par O.-D. CHWOLSON. — Tome III, 2^e fasc., 1 vol. gr. in-8° de 744 pages avec 206 figures, 11 fr. (Hermann et fils, éditeurs. Paris, 1910.)

Ce fascicule traite de la thermodynamique générale (principes généraux) et de ses applications : passage inverse de l'état solide à l'état liquide, à l'état gazeux, etc.

La bibliographie soigneusement établie pour chaque chapitre rendra, comme celle des fascicules précédents, de précieux services à ceux qui puiseront des recherches dans tout le domaine des sciences physiques.

Ponts suspendus, par G. LEINIKUGEL LE COCQ, ancien ingénieur hydrographe de la Marine. — 2 vol. in-18 Jésus, cartonnés toile, formant 720 pages, avec 159 figures dans le texte, 10 fr. (O. Doin et fils, éditeurs. Paris, 1911.)

Tome I : *Ponts suspendus flexibles et semi-rigides*. — L'auteur, notre distingué collaborateur dont le nom fait autorité dans la construction des ponts suspendus, a étudié et résolu,

par la mécanique analytique, tous les problèmes que soulève l'étude rationnelle des projets d'exécution des divers ponts flexibles et semi-rigides. Il s'est proposé de rechercher pour chacun d'eux les points faibles annoncés par la théorie, d'en contrôler pratiquement les résultats sur les ouvrages exécutés.

Parmi les problèmes nouveaux traités dans le tome I, il en est un qui est particulièrement intéressant, c'est celui qui concerne la stabilité propre des ponts suspendus. L'auteur a donné les formules déduites d'une théorie rigoureuse qui remplacent les formules empiriques employées antérieurement.

Tome II : *Ponts suspendus rigides*. — L'auteur expose les avantages que possèdent les divers systèmes de ponts, conçus avec des fermes de suspension indéformables dans la limite d'élasticité de la matière. Ces systèmes rigides paraissent appelés à un grand avenir pour la construction des ponts à grande portée, car la construction de ces ponts paraît devoir être aussi économique que celle des ponts flexibles, tout en étant plus recommandable.

Ce qui caractérise cette étude des ponts rigides, c'est la théorie générale, donnée par l'auteur, de deux solides suspendus indéformables à trois articulations, dont une commune, de laquelle il déduit toutes les formules pour l'étude des systèmes dérivés de ce cas général.

Cet ouvrage, à la fois théorique et pratique, constitue un traité, complet et concis, sur la construction moderne des ponts suspendus. — A. J.

Loi sur les retraites ouvrières et paysannes, par G. LANGE, docteur en droit. — 1 vol. in-8° de 112 pages, 2 fr. (Larose et Tenin, éditeurs. Paris, 1910.)

Ce petit volume renferme la loi du 5 avril 1910, annotée dans le but de dégager et d'expliquer les textes en vue de son application, application qui, comme l'on sait, ne manquera pas de présenter certaines difficultés. — M. D.

Minière (L'industrie) et son outillage à l'Exposition de Nancy (1909), par E. DIDOT, directeur de *La Revue Noire*, et P. BROUARD, ingénieur A. et M. — 1 vol. in-8° raisin de 250 pages et 76 fig. 8 fr. 50. (*La Revue Noire*, éditeur. Lille, 1910.)

Cet ouvrage renferme la description de l'Exposition de Nancy au point de vue minier. Parmi les questions traitées, citons l'histoire et l'état actuel de la question de la houille en Lorraine, une étude sur le bassin ferrifère de Meurthe-et-Moselle, la description d'installations de fonçage, de matériel perforateur, de machines d'extraction, etc. Un chapitre spécial est consacré aux œuvres sociales. — A. C.

Le petit constructeur électricien, par H. M. GRATTIGNY. — Manuel pratique pour construire soi-même les principaux appareils électriques. — 1 vol. in-12 de 200 pages, illustré de 132 figures; broché 2 fr. 50, relié percaline, 3 fr. 50. (H. Desforges, éditeur. Paris, 1910.)

Ce petit livre s'adresse à l'amateur, qui y trouvera, mis à sa portée, l'outillage et les appareils électriques (piles, accumulateurs, lampes, téléphones, etc.). Il amusera l'électricien amateur tout en l'instruisant. — N.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imp., 1, rue Cassette.

La Technique Moderne

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE

TURBINES ET COMPRESSEURS VENTILATEURS

Dans une précédente étude (1), nous avons montré comment il serait possible d'améliorer le rendement des turbines mixtes à vapeur, par l'emploi d'un générateur dans lequel la vaporisation s'opérerait par contact et par mélange avec les gaz de la combustion, puis par l'utilisation, dans une turbine, de ce mélange gaz et vapeur à haute température. Avec les turbines à vapeur, il est admis, qu'à poids égal de vapeur, une surchauffe de 6° donne un excédent de puissance de 1 %; en poussant très loin ce fait acquis, on doublerait donc la puissance avec une surchauffe de 600°. Une difficulté matérielle limite actuellement l'emploi de la haute surchauffe; mais, cependant, il est bon de dire, comme nous l'avons déjà signalé, que nous avons effectué des expériences de longue durée, en employant le fluide à 450° C. après détente, c'est-à-dire à environ 600° C. avant détente, sans qu'aucune pièce de la turbine ait souffert de ce régime; ce n'était qu'une étape, et l'avenir permettra sans doute de faire mieux.

En prévoyant l'emploi d'un générateur sous pression et l'échappement au condenseur du mélange gaz et vapeur, on suppose évidemment l'emploi d'un compresseur ventilateur multicellulaire en amont, en raison des grandes masses d'air à fournir pour la combustion du pétrole, et d'un aspirateur également multicellulaire en aval pour aspirer la masse des gaz passant au condenseur. Nous donnerons plus loin quelques explications sur ce genre de machines rotatives.

Pour obtenir une combustion satisfaisante des pétroles et huiles lourdes, il est nécessaire que le combustible et le comburant soient distribués sous une certaine pression et en proportions bien déterminées; il est aussi indispensable que les deux éléments subissent un parfait brassage avant l'allumage. Au point de vue de l'intérêt mécanique d'une turbine mixte, il conviendrait de réduire le plus possible l'importance du compresseur ventilateur et, par conséquent, de se contenter, pour la combustion, de la pression la plus basse. Or, au point de vue du rendement global, il est beaucoup plus important, pour les turbines, d'utiliser un bon vide, qu'une forte pression d'admission; on sait, notamment, que c'est entre l'atmosphère et le condenseur que la vapeur fournit la plus grande somme de travail, souvent les trois quarts de la puissance totale de la machine. Ainsi, dans le cas envisagé, le degré de compression pourrait être limité aux exigences d'une parfaite combustion.

L'administration de notre marine militaire, tentée par les avantages présentés par le combustible liquide pour la chauffe des chaudières, a effectué de nombreuses tentatives, mais jusqu'à présent sans grands succès : les procédés employés,

défectueux, ne tenaient pas suffisamment compte des conditions nécessaires et indispensables à la complète combustion du pétrole. On a voulu opérer comme pour le charbon, sans se soucier du brassage préalable, ni s'occuper de fournir la pression convenable dans le foyer; à petite allure de chauffe, le pétrole assez dilué brûlait sans trop de dégagement de fumée; mais en forçant l'allure, il se formait ordinairement des noyaux de combustion à haute température et d'autres zones enveloppantes moins chaudes, où le mazout ne brûlait pas; la consommation était exagérée, les fumées intolérables et les organes de la chaudière, soumis aux inégalités de température, subissaient des déformations. Du reste, à ce propos, on se rappelle sans doute la croisière récente entreprise par deux nouveaux contre-torpilleurs, l'un brûlant le charbon, l'autre le pétrole; celui-ci a consommé plusieurs fois autant que le premier. Cet insuccès conduira peut-être, pour l'avenir, les intéressés à réaliser de meilleures installations, en s'inspirant de la nécessité du brassage préalable et de la combustion sous pression, qui nous paraît ne pouvoir être assurée normalement que par un compresseur ventilateur à deux ou trois roues.

Insistons sur une remarque faite précédemment relativement aux difficultés de réaliser une turbine économique de puissance réduite. Comme on le sait, au point de vue du rendement, il importe que le fluide évolue entre des limites de pression amont et aval très écartées; si la turbine n'a qu'une seule roue, la vitesse périphérique devra être considérable, pour bien utiliser la vitesse de la vapeur, et il faudra ensuite employer un réducteur de vitesse pour rendre la commande praticable; la roue tournant à grande vitesse absorbe, par le frottement de ses parois, une certaine énergie, évaluée par la loi suivante : Le travail résistant, opposé par un fluide à la rotation d'un disque ou d'une roue tournant dans une enveloppe, croît à peu près proportionnellement au cube du nombre de tours.

On calcule ce travail résistant par la formule :

$$P = k \times S \times \left(\frac{u}{100}\right)^3 \delta \quad (1).$$

Dans cette formule, P = puissance en chevaux; k = coefficient variable avec la température; S = surface latérale de la roue; u = vitesse circonférentielle à la périphérie en mètres par seconde; δ = poids spécifique du fluide entourant la roue, exprimé en kilogramme par mètre cube.

Ce travail à vide affaiblit le rendement, d'autant plus que la force nominale de la machine est plus faible. Nous avons mesuré ce travail à vide avec une roue de 150 mm de diamètre, en modifiant la température du milieu dans lequel tournait la

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 2 (février 1911), p. 68.

(1) Le coefficient k varie de 8 à 20.

roue (fig. 1). A 21 500 tours, la roue absorbe 3 HP environ, avec une température de 75° C, et 2,6 HP avec une température de 175° C. Ces courbes feront remarquer l'avantage que procure la surchauffe pour la réduction du travail passif.

D'autre part, l'importance du condenseur ne peut s'appliquer qu'à une installation relativement puissante, à moins qu'on ne dispose d'une condensation centrale commune à plusieurs machines.

Si la turbine est à détentes multiples, son installation serait onéreuse pour une faible puissance, car le nombre d'étages dépend de la chute de pressions et, comme il a été dit,

ce sont les aubages travaillant dans une basse pression qui fournissent le plus de travail.

Régions aussi le cas de la turbine à explosions dont il est parfois question : en principe, l'emploi d'explosions est manifestement contraire au régime d'une turbine. Nous avons montré précédemment qu'un distributeur n'était établi que pour une seule détente, et qu'en modifiant le régime, le rendement décroissait rapidement par l'effet des chocs; le récepteur est lui-même soumis aux mêmes lois; il faudrait que sa vitesse suivit les variations de la vitesse du fluide pour conserver le même rendement hydraulique. Ces conditions sont impossibles à réaliser et il y a incompatibilité absolue entre un régime d'explosions et l'emploi de la turbine.

COMPRESSEURS VENTILATEURS.

Dès qu'il s'agit de distribuer de grandes masses d'air, jusqu'à des pressions atteignant 8 à 10 atmosphères, le compresseur ventilateur multicellulaire présente des avantages incontestables sur le compresseur à piston en raison de son encombrement réduit, de sa simplicité d'organes, de sa facilité de conduite et

de son rendement élevé. Etant donné que la compression a lieu par étages nombreux, il est facile, par un refroidissement d'eau entre chaque élément, d'approcher de très près l'isotherme.

Rappelons d'abord brièvement le principe de fonctionnement du ventilateur centrifuge : une roue à ailettes tournant dans une enveloppe projetée à sa périphérie l'air aspiré par une ouïe centrale. Cet air, ainsi animé d'une certaine vitesse, s'engage dans un canal fixe, nommé diffuseur, de section progressivement croissante, où la force vive de l'air se transforme en pression par ralentissement continu; c'est le phénomène inverse du distributeur qui, lui, transforme la pression en

force vive. Si on adapte un second ventilateur à la suite du premier et qu'on le fasse traverser par l'air ayant déjà subi, comme on vient de le voir, un premier degré de compression, on élève à nouveau sa pression. En accouplant de la sorte plusieurs ventilateurs en série, on voit que les pressions absolues de l'air au sortir des diverses roues successives forment une progression géométrique; l'élévation de pression produite par chaque roue est, en effet, proportionnelle au poids spécifique de l'air, par suite, à sa pression même, si la température ne varie pas. Grâce à cette disposition des roues en série, il est donc possible, sans atteindre des vitesses périphériques incompatibles avec les nécessités de construction, de pouvoir obtenir, avec des ventilateurs, des degrés de compression relativement élevés. Ces compresseurs ventilateurs se prêtent admirablement bien aux vitesses des turbines à vapeur. La correspondance des vitesses des deux classes d'appareils est même assez saisissante pour que nous cherchions à nous en rendre compte rapidement.

On sait que, pour une même élévation de pression, si l'on veut avoir des débits différents, on peut obtenir toujours le même rendement en employant des ventilateurs de dimensions différentes, mais du même type, à condition de faire varier la vitesse angulaire en raison inverse de la racine carrée du débit.

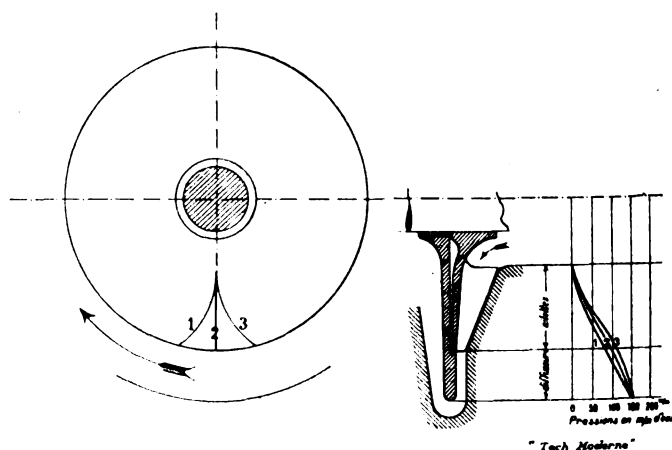


FIG. 3. — Variation de pressions dans la roue et le diffuseur d'un ventilateur, en expérimentant 3 courbures différentes d'ailettes.

Par suite, pour des ventilateurs du même type, comprimant à la même pression et fonctionnant avec le même rendement, le nombre de tours par minute est une fonction connue du débit.

En envisageant, par exemple, une compression de 1 kg, la fonction est représentée par la courbe (fig. 2); en calculant pour chaque débit la puissance à fournir, on peut construire une seconde courbe donnant la valeur de cette puissance en fonction de la vitesse. La correspondance des vitesses et des puissances que fait ressortir cette dernière courbe est absolument comparable à celle des turbines à vapeur, et ce graphique montre qu'il est facile d'établir des groupes turbo-ventilateurs de puissances et de vitesses angulaires voulues, sans pour cela s'écarter des conditions normales de construction des turbines à vapeur.

Le rôle du diffuseur est particulièrement important, et c'est de son établissement que dépend, pour un compresseur supposé rationnellement calculé, le bon rendement de la machine. Nous avons montré déjà (1) que la perte d'énergie, dans un distributeur mal établi, détruisait l'économie d'une machine; c'est ainsi qu'une tuyère détendant un fluide de 5 kg, à la pression atmosphérique, trop longue de quelques millimètres, occasionnait une perte d'énergie de 15 % par le fait de ce défaut. Pour le diffuseur, il en est de même; sa longueur varie selon que les ailettes des roues sont courbées en avant, radiales ou courbées

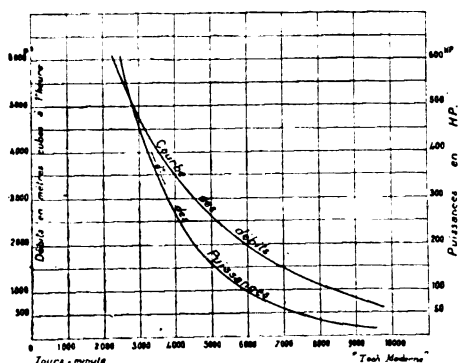


FIG. 2. — Courbes des débits en fonction du nombre de tours, et puissances correspondantes, d'un type de ventilateur multicellulaire, à rendement constant, comprimant à 1 kg.

inspiré par une ouïe centrale. Cet air, ainsi animé d'une certaine vitesse, s'engage dans un canal fixe, nommé diffuseur, de section progressivement croissante, où la force vive de l'air se transforme en pression par ralentissement continu; c'est le phénomène inverse du distributeur qui, lui, transforme la pression en

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 10 (septembre 1909), p. 456.

en arrière, orientation qui modifie la vitesse absolue de l'air au sortir des roues; en outre, cette orientation des ailettes modifie, comme le montre la figure 3, le degré de compression que subit l'air dans son passage à travers la roue, puis en parcourant le diffuseur. L'examen des courbes, relevées en expérimentant

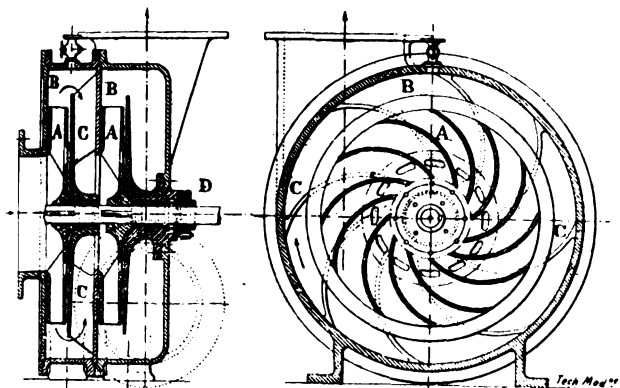


FIG. 4. — Dispositif du brevet Decœur (1897).

trois roues à ailettes différentes, en conservant le même diffuseur, montre que l'on aurait gagné à ce qu'il fût raccourci pour le troisième cas et allongé ou divergé pour le premier; la compression dans la roue atteint 55 % de la pression totale dans le premier cas, 80 % dans le troisième cas et 72 % dans le deuxième cas. Seulement, eu égard au travail absorbé dans chaque cas, le rendement des deux premières roues est plus favorable. Ajoutons cependant que l'emploi d'un diffuseur approprié au troisième cas aurait augmenté le degré de pression; la vitesse du fluide transformable dans le diffuseur augmente dans la roue avec la courbure des ailes en avant comme dans le premier cas, mais le décollement des filets fluides, qui se produit sur le dos des ailettes, provoque cette déperdition de pression constatée; cette pression ne devrait dépendre, en somme, que de la vitesse périphérique de la roue.

Nous allons décrire quelques dispositifs de ces compresseurs ventilateurs dont la réalisation est due au génie inventif fran-

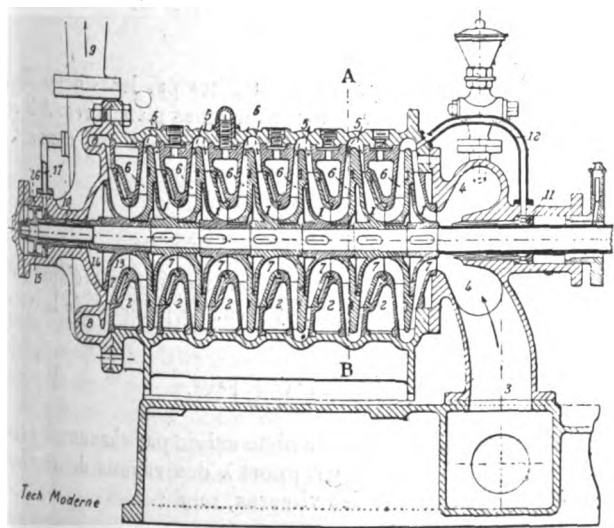


FIG. 5. — Dispositif du brevet Rateau (1899).

çais; la disposition des organes est la même que pour les pompes centrifuges, puisque l'effet à produire est analogue. Les premiers essais en France ont été faits par Girard, au Conservatoire des Arts et Métiers, qui employa cinq roues montées sur le même arbre; plus tard, la maison suisse Sulzer entreprit des études sur les pompes multicellulaires qui ont depuis acquis une grande réputation.

En 1897, un ingénieur au corps des Ponts et Chaussées, M. Decœur, déposa un brevet d'invention pour « nouvelles turbines et pompes centrifuges à éjecteurs circulaires », sur le dispositif duquel se sont ralliés, ultérieurement, en l'adaptant à leur conception, les différents ingénieurs qui entreprirent la réalisation pratique de ces turbines et pompes centrifuges. Le dessin du brevet Decœur, reproduit figure 4, montre nettement la roue à double paroi, le diffuseur à plateaux et les ailes directrices incurvées pour le retour au centre du fluide.

On sait que, depuis, M. Rateau, ingénieur des Mines, s'est spécialisé dans ces études de pompes, compresseurs et turbines, où il a acquis une notoriété incontestable; c'est cet ingénieur qui a réalisé la turbine à vapeur multicellulaire vraiment rationnelle et dont les applications deviennent maintenant nombreuses. Nous reproduisons, figure 5, le dessin du brevet Rateau de 1899 relatif aux pompes et compresseurs centrifuges, que l'on ne peut guère différencier du précédent dessin, sauf dans la section arrondie des canaux, à la périphérie des diffuseurs, qui simule une forme d'*n* renversé. En ce qui concerne l'équilibrage

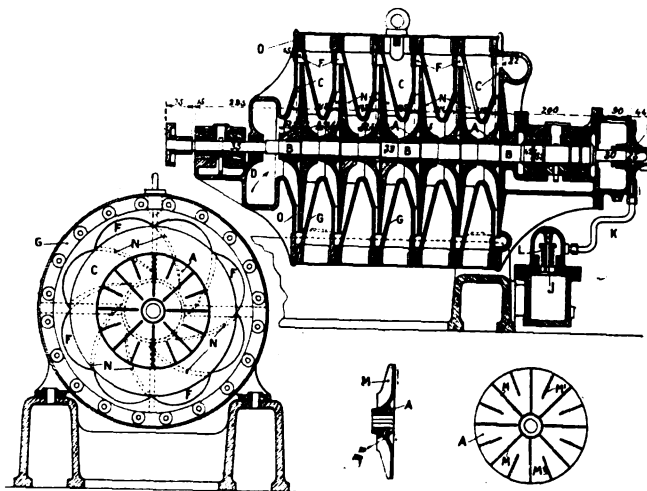


FIG. 6. — Dispositif du brevet Lemale (1908).

des poussées du fluide sur les parties mobiles, M. Rateau propose de proportionner d'une manière convenable la hauteur de la joue de la turbine avec le rayon du fond, afin que la poussée qui se produit du côté du fond équilibre presque exactement la poussée qui se produit du côté de l'ouïe.

De notre côté, nous avons déposé un brevet d'invention en 1908 pour un nouveau dispositif de compresseur ventilateur représenté par la figure 6. Contrairement aux brevets précédents, les roues n'ont qu'un fond, sur lequel sont fixées les ailettes, et par suite l'équilibrage par roue de la poussée n'existe plus. L'invention repose sur l'équilibrage de la poussée des différentes roues, par une pompe à huile placée en bout de l'arbre, orientée en sens inverse des roues de compression; la pression d'équilibrage de l'huile est réglée, une fois pour toutes, par la résistance d'une soupape à ressort disposée sur le refoulement de la pompe.

Cet examen superficiel montre suffisamment que ces compresseurs ventilateurs multicellulaires ont été sérieusement étudiés, et un grand nombre de ces machines sont depuis plusieurs années en service dans les mines, les aciéries, etc.

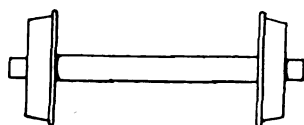
Lorsque nous étudierons la chauffe au pétrole, nous reviendrons à nouveau sur ces appareils centrifuges pour en donner quelques méthodes de calcul.

CH. LEMALE,
Ingénieur civil.

AUTOMOBILE (INDUSTRIE DE L')

ÉTUDE SUR LE DIFFÉRENTIEL

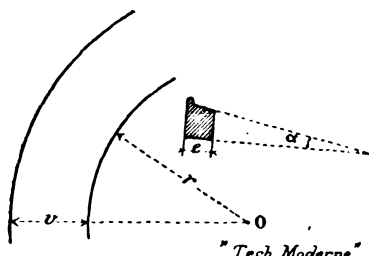
Le différentiel est un ensemble mécanique qui permet aux roues motrices d'un même essieu de rester toutes deux motrices, sans aucun glissement, lorsque les chemins parcourus par ces roues ont des longueurs différentes.



"Tech. Moderne"
FIG. 1. — Essieu de wagon à roues coniques.

Sur les voies ferrées, pour les locomotives et les wagons où les roues d'un même essieu sont solidaires l'une de l'autre, on empêche le patinage en courbe de se produire, au moyen de la conicité des bandages (fig. 1).

Dans un virage, en effet, la roue du dehors roule très près de son boudin, et, par suite, sur une circonférence plus longue que



"Tech. Moderne"
FIG. 2. — Conicité des bandages.

Soit r le rayon intérieur de la courbe minimum à franchir par le train, ρ la largeur de la voie, ρ le rayon de la roue, e son épaisseur et α l'angle de conicité du bandage cherché, on a (fig. 2) :

$$\frac{2\pi r}{2\pi(r + \rho)} = \frac{2\pi \rho}{2\pi(\rho + e \sin \alpha)}$$

D'où :

$$\sin \alpha = \frac{\rho}{re}$$

Dans les voitures automobiles, il a été nécessaire de recourir à un dispositif mécanique relativement compliqué, qui comprend des engrenages d'angle ou des engrenages cylindriques.

La figure 3 représente, pour mémoire, le schéma d'un différentiel par pignons d'angle. Les roues motrices sont solidaires chacune, soit directement (essieux à cardans), soit par chaînes (essieux à chaînes), du mouvement d'un des deux arbres L placés dans le prolongement l'un de l'autre.

Les arbres L sont chacun munis d'un pignon H appelé couronne planétaire.

Les dentures de ces deux couronnes sont rendues solidaires l'une de l'autre par un certain nombre de petits pignons d'angle D , appelés satellites. Ces pignons satellites sont montés tous sur les axes du croisillon M , qui est porté lui-même par une coquille C enveloppant tout le système, et appelée coquille du différentiel.

C'est la coquille du différentiel qui reçoit la commande du moteur, par le couple d'engrenages coniques A, B . Cette coquille entraîne l'axe M du croisillon et, par suite, les satellites. Ces satellites actionnent à leur tour les couronnes planétaires, soit sans tourner sur leur axe, auquel cas les deux arbres L tournent dans le même sens à la même vitesse, soit en tournant sur leur

axe, auquel cas les deux arbres L ont des vitesses différentes.

En pratique, lorsque le véhicule s'engage sur une courbe à une vitesse V , la roue du dehors prend une vitesse $V + K$ et la roue du dedans une vitesse $V - K$. Le satellite, sur son axe, est absolument assimilable au fléau d'une balance à bras égaux.

Nous nous proposons de voir comment se répartit la puissance du moteur sur chacune des roues.

L'appareil étant symétrique, nous ferons abstraction des rendements mécaniques, et nous exprimerons la puissance par le produit de la force F , qui agit sur le croisillon des satellites pour l'entraîner, par la vitesse V de son point d'application par seconde.

Le pignon satellite n'ayant que des mouvements uniformes (rotation propre et rotation d'entraînement), les forces qui agissent sur lui se font équilibre, ce qui permet d'écrire :

$$(1) \quad F = F' + F''$$

où F' et F'' représentent

les forces que développent les satellites par leurs dents diamétralement opposées sur les deux couronnes planétaires. A la relation (1), on peut joindre la relation suivante que donnent les liaisons :

$$(2) \quad V = \frac{V' + V''}{2}$$

où V' et V'' sont les vitesses respectives des points d'application des forces F' et F'' sur les planétaires. Le principe de la conservation du travail donne en outre :

$$(3) \quad FV = F'V' + F''V''$$

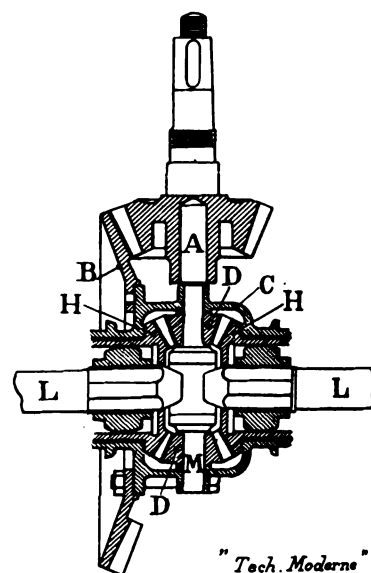
Ceci posé, si on se définit la piste suivie par chacune des roues motrices, en se donnant le rapport λ des rayons de courbure, qui sera aussi le rapport des vitesses, on a :

$$(4) \quad \lambda = \frac{V'}{V''}$$

En rapprochant (2) et (4), on peut calculer chacune des vitesses et on a :

$$V' = V \frac{2\lambda}{\lambda + 1}$$

$$V'' = V \frac{2}{\lambda + 1}$$



"Tech. Moderne"
FIG. 3. — Schéma d'un différentiel : A, B, couples d'engrenages de commande ; C, coquille du différentiel ; D, satellites ; H, couronnes planétaires ; M, croisillon ; L, demi-arbres de chaînes ou demi-essieux.

Si on porte ces valeurs dans la relation (3), on peut écrire :

$$(3 \text{ bis}) \quad F = F' \frac{2\lambda}{\lambda+1} + F'' \frac{2}{\lambda+1}.$$

Si on résout le système (1) et (3 bis) par rapport à F' et F'' , on obtient finalement :

$$F' = F'' = \frac{F}{2}.$$

C'est-à-dire que l'effort moteur se répartit également entre chaque roue.

En outre, on a :

$$F'V' = \frac{F}{2} V \frac{2\lambda}{\lambda+1} = FV \frac{\lambda+1}{\lambda}$$

$$F''V'' = \frac{F}{2} V \frac{2}{\lambda+1} = FV \frac{1}{\lambda+1}.$$

C'est-à-dire :

$$\frac{F'V'}{F''V''} = \lambda.$$

En résumé, les efforts sont égaux sur chaque roue motrice, et le travail se répartit proportionnellement aux rayons de courbure des pistes, ou encore aux vitesses de rotation des roues elles-mêmes.

Des explications qui précèdent, il ressort un inconvénient sur lequel il est bon d'insister : si on suppose le véhicule arrêté sur un terrain d'adhérence variable, de telle manière qu'une des roues soit sur un sol très résistant au glissement, et l'autre roue sur un sol très glissant (pavé boueux, sol couvert de neige ou de glace, etc.), il pourra devenir absolument impossible de démarrer.

En effet, le moteur actionne la coquille du différentiel, celle-ci entraîne les satellites, mais une des couronnes planétaires correspondant à une roue dont le patinage est très facile, alors que l'autre correspond à une roue dont le déplacement est difficile, les satellites prendront appui sur cette dernière pour solliciter l'autre couronne planétaire à tourner en faisant patiner sur place la roue correspondante.

À ce moment les deux relations :

$$FV = F'V' + F''V'' \\ V' + V'' = 2V$$

se modifient en :

$$V' = 0 \quad V'' = 2V \quad F'' = \frac{F}{2}.$$

Toute la puissance est absorbée dans le patinage de la roue qui tourne sur place.

Cet inconvénient peut être très sérieux dans les véhicules de poids lourd, qui deviennent incapables d'avancer, dès qu'une des roues se trouve dans des conditions de mauvaise adhérence momentanée.

Si, par un moyen quelconque, on diminue la valeur de V'' , pour la ramener au-dessous de $2V$, immédiatement V' cesse d'être nul, et le véhicule commence à démarrer.

Un moyen de fortune, qui paraît singulier au premier abord, mais qui nous a personnellement réussi dans bien des cas, con-

siste à freiner légèrement la roue qui patine, au moyen de son frein, pour en réduire la vitesse. Mais le véritable remède à cet inconvénient consiste à adopter un mécanisme complémentaire, permettant de bloquer à volonté le différentiel.

Un tel appareil s'impose sur les camions automobiles, surtout avec les bandages en fer, dont l'adhérence sur le pavé devient très précaire dès qu'il commence seulement à être gras. Ces véhicules sont souvent immobilisés dès l'arrivée d'une de leurs roues motrices, sur un passage détrempe ou boueux de très faible longueur.

Par exemple, un camion de 6 tonnes, dont 4 sur l'essieu moteur, pourrait développer, sur un sol ordinaire avec bandage en fer d'adhérence 0,3, un effort moteur par roue de 600 kg; il pourra être complètement arrêté sur une rampe de 4 %, exigeant un effort de traction de 400 kg environ, dès que l'adhérence d'une de ses roues tombera au-dessous de 0,1, alors qu'en bloquant le différentiel, c'est-à-dire en empêchant la roue de patiner sur place, la roue restée sur le bon terrain, et dont l'adhérence permet d'atteindre un effort de 600 kg, développera à elle seule l'effort de propulsion de 400 kg, nécessaire à l'entraînement de la voiture.

Un tel dispositif est d'ailleurs extrêmement simple à concevoir, soit sur des véhicules à construire, soit sur des engins déjà en service.

Pour bloquer le différentiel, il suffit, en effet, de solidariser momentanément l'un des arbres avec la coquille du différentiel. Cette opération rend impossible le mouvement des satellites sur la couronne planétaire solidaire de l'arbre ci-dessus, et tout se passe comme si le satellite était immobilisé sur son axe.

L'appareil peut donc être constitué simplement par un baladeur, mobile longitudinalement sur un des arbres, mais tournant avec lui, que l'on peut mettre en prise à volonté au moyen de tenons avec la coquille du différentiel, ou mieux avec la poulie de frein dont elle est souvent munie.

Dans les voitures de course, en raison des cahots considérables qui se produisent à grande vitesse, les roues quittent le sol alternativement dans des bondissements répétés; à chacun de ces soulèvements, le différentiel fait emballer la roue qui est en l'air, en laissant fléchir la vitesse de la roue restée à terre. Il se produit par suite une perte de vitesse, une série de chocs et d'à-coups néfastes tant pour le rendement que pour la conservation des bandages eux-mêmes. Aussi, certains constructeurs avaient-ils purement et simplement supprimé le différentiel sur ces voitures, en se contentant de réduire la voie au minimum.

Mais, dans de telles conditions, les virages sont difficiles et ne peuvent se faire que par un réel dérapage. De plus, il faut bien remarquer que la suppression du différentiel suppose implicitement des roues motrices rigoureusement de même diamètre, ce qui n'est pour ainsi dire jamais réalisé avec les bandages pneumatiques, dont la dimension varie légèrement avec les fabricants, avec leur état d'usure, et avec leur pression interne.

La suppression du différentiel, qui avait ainsi été envisagée par quelques-uns, n'est pas à poursuivre. C'est un organe indispensable au bon fonctionnement des transmissions, mais il faut le perfectionner en ce qui concerne les camions automobiles par l'adjonction d'un mécanisme de blocage facultatif.

Capitaine **RENAUD**,
Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

CHEMINS DE FER

LES TRAVAUX D'AMÉLIORATION DE LA GARE SAINT-LAZARE ET DE SES ACCÈS

L'ÉLECTRIFICATION DES LIGNES DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT DANS LA BANLIEUE OUEST DE PARIS

[PLANCHE III]

A l'origine des chemins de fer nul ne pensait à réserver, dans les villes, les emplacements considérables nécessaires aux grandes gares modernes. La gare Saint-Lazare, plus que toute autre à Paris, est enserrée dans des limites trop étroites pour le trafic qu'elle doit assurer.

Une situation privilégiée au centre des affaires lui amène une circulation de voyageurs tous les jours plus importante. Sa limite de capacité, avec le mode d'exploitation actuelle est dépassée, sa réfection s'impose. Une fois remaniée et dotée des moyens de transport et de manutention mécanique modernes, elle peut et doit suffire longtemps encore malgré l'accroissement rapide de la population dans les localités de la banlieue ouest de Paris.

IMPORTANCE DE LA CIRCULATION A LA GARE SAINT-LAZARE. — Si les difficultés de l'exploitation des principales lignes de Normandie et de Bretagne sont dues en partie à l'insuffisance des gares du réseau et des voies qui relient les centres commerciaux importants, comme le Havre, le mal provient aussi, et surtout, de l'encombrement dans la région parisienne.

La gare Saint-Lazare et ses abords sont engorgés parce qu'on n'a pas construit suffisamment de voies nouvelles, ni augmenté les aménagements au fur et à mesure que le trafic se développait. Or, la progression est rapide en banlieue (planche III, fig. 1), et les gares des environs immédiats de Paris comportent des mouvements de voyageurs considérables qui sont représentés sur la planche III, figure 2.

Il suffit, pour se rendre compte du degré de surcharge des voies d'accès de la gare Saint-Lazare, de consulter les statistiques de la circulation dans les grandes gares de Paris. La figure 3 (planche III), est tirée de ces statistiques et montre l'importance du mouvement des trains à Saint-Lazare, par rapport à celui des gares du Nord et de l'Est, où aboutissent des lignes de banlieue également très fréquentées.

Le tableau ci-dessous donne le nombre journalier des trains qui passent sur la ligne la plus chargée des divers réseaux aboutissant à Paris :

RÉSEAUX	GARES	NOMBRE de lignes	NOMBRE de circulations journalières sur la ligne la plus chargée
Nord	Paris.	5	148
Est	Paris-Est.	3	100
P.-L.-M.	Paris-Bastille.	1	50
Orléans	Paris.	3	50
	Quai d'Orsay.	1	130
	Paris-Luxembourg.	1	28
	Paris-Montparnasse.	2	60
Etat.	Paris-Invalides.	1	100
	Paris-Saint-Lazare	3	218

L'expérience a montré que sur les lignes de banlieue à double

voie, il était raisonnable de limiter à 150 le nombre des circulations, par jour et dans chaque sens, pour les voies parcourues par des trains d'allures différentes (express et omnibus).

La gare Saint-Lazare présente donc un excédent notable de circulation sur le maximum indiqué précédemment :

L'accès de la gare se fait par un tunnel à trois travées passant sous le boulevard des Batignolles. Chaque souterrain est traversé par une double voie.

La travée sud reçoit les trains d'Auteuil et du Champ-de-Mars, elle comporte 150 circulations.

La travée du centre reçoit les trains de Versailles, de Marly, des Moulineaux et une partie de ceux de Saint-Germain. Un petit nombre de trains, se dirigeant sur la Bretagne, empruntent aussi ce souterrain. Soit, au total : 218 circulations.

La travée nord reçoit une partie des trains de Saint-Germain, ceux d'Argenteuil et tous les convois de grande ligne vers la Normandie avec les circulations de machines HLP du matériel. Soit au total : 213 circulations.

Le dernier souterrain est peut-être celui où l'engorgement est le plus manifeste à cause des diversités d'allure et de composition des rames qui y circulent.

On peut, en effet, lancer sur une même ligne un nombre très considérable de trains en chapelet, si ces trains ont tous la même vitesse et s'ils s'arrêtent aux mêmes stations. Tel est le cas du service du chemin de fer Métropolitain. Le graphique du mouvement des trains se compose alors de lignes parallèles.

L'intercalation de trains d'allures différentes, de trains express brûlant certaines stations, ne peut qu'éclaircir le graphique puisque la ligne, représentant la marche du train express, est plus fortement inclinée que celles qui correspondent aux trains omnibus.

En réalité, à la gare Saint-Lazare, on n'arrive à réaliser le trafic actuel qu'au prix de consignes et de graphiques extraordinairement serrés que compliquent les aléas de la circulation des trains transatlantiques et des trains de marée venant de Dieppe, du Havre et de Cherbourg, dont l'horaire varie suivant l'état de la mer. Il est facile de comprendre que dans une organisation aussi étroite, le moindre dérangement doit perturber profondément l'exploitation générale de la gare et de ses abords.

Cette situation profondément préjudiciable au bon fonctionnement du service, non seulement aux environs immédiats de Paris, mais sur tout le réseau où se répercutent les à-coups du centre principal d'aboutissement des grandes lignes, a préoccupé les ingénieurs depuis l'époque où la progression du trafic a fait dépasser la capacité maximum de transport d'une ligne exploitée à la vapeur.

Pour assurer le transport rapide des voyageurs de la banlieue des grandes villes, les Anglais ont, avant nous, employé des locomotives à vapeur très puissantes attelées à des trains relativement légers, de manière à réaliser des démarrages rapides qui permettent de dégager l'entrée des gares principales et de lancer fréquemment des trains. C'est par cette méthode, et

non au moyen de trains longs et très chargés, que l'on obtient, sur une ligne exploitée par la vapeur, le débit maximum de transport des voyageurs.

L'expérience bien souvent répétée des trains de courses, sur des lignes comme celles d'Auteuil, de Maisons-Laffitte, de Chantilly, a montré qu'on ne pouvait guère transporter plus de 10 000 voyageurs en une heure dans un sens, sur une ligne à double voie.

Encore faut-il disposer aux terminus des aménagements nécessaires pour les évolutions des machines : dégagement de celles qui arrivent et mise en tête de celles qui partent.

Pour augmenter la capacité de transport d'une ligne donnée, on a songé tout naturellement à demander à la traction électrique le moyen de réaliser ce que ne peut faire la vapeur.

La souplesse de ce mode de traction, la possibilité des mises en vitesse rapides, la réversibilité des rames et la suppression des prises d'eau et de combustible, permettent de reculer la limite de capacité d'une ligne exploitée à la vapeur.

Avec des trains partant tous les deux minutes et demie, et offrant au public 500 places réparties dans cinq voitures de 14 m de longueur, le chemin de fer Métropolitain de Paris assure un débit horaire de 12 000 voyageurs et cela avec un gabarit de chargement de 2^m,80 de largeur.

On peut donc conclure que, sur les lignes de banlieue, avec le gabarit de 3^m,10, et l'emploi de voitures de 22 m qui ne peuvent être utilisées sur le Métropolitain à cause du faible rayon des courbes, il serait possible de transporter, dans les mêmes conditions que le Métropolitain, le chiffre énorme de 40 000 voyageurs dans des trains de huit voitures. En supposant tous les voyageurs assis, la capacité de transport serait encore de 20 000 voyageurs, c'est-à-dire le double de ce qu'elle est avec la vapeur.

Les trains de 8 voitures de 22 m, bien que déjà assez longs, peuvent être parfaitement envisagés, leur longueur différant peu de celle des trains à vapeur de banlieue comprenant de 18 à 20 véhicules qui circulent entre Paris Saint-Lazare et Argenteuil.

Il faut remarquer, toutefois, que, pour obtenir un embarquement rapide, il est nécessaire que les quais ne soient pas trop étendus ; surtout si l'arrivée des voyageurs s'effectue par l'une des extrémités, comme il arrive généralement dans les gares terminus.

MOYENS DE REMÉDIER A L'INSUFFISANCE DES VOIES. — Une ligne de chemin de fer est semblable à une conduite de distribution d'eau : la vitesse d'écoulement ne peut pas dépasser certaines limites ; et si l'on veut augmenter le débit, il devient nécessaire d'augmenter la section du tube d'écoulement. En matière de chemins de fer, cela revient à construire une nouvelle voie pour suppléer à l'insuffisance de l'ancienne.

Pour augmenter la capacité de transport des voies de la gare Saint-Lazare et supprimer l'engorgement dû à la traversée des tunnels de Batignolles, on a d'abord songé à créer, au-dessous de la gare actuelle, une gare souterraine réservée à la traction électrique des trains de banlieue, ainsi que cela a été fait à la gare du New-York Central and Hudson River Railroad Company, à New-York.

Le projet est séduisant en raison de la position surélevée de la plate-forme de la gare Saint-Lazare qui se trouve à 6 m environ au-dessus du niveau des cours d'accès.

Mais la durée d'exécution d'une gare souterraine, les dépenses considérables d'établissement et aussi celles qu'entraînerait chaque année, la consommation d'énergie électrique nécessaire, aux démarrages, sur la rampe de 20 à 25 mm par mètre qu'il faudrait établir pour regagner le niveau du sol à moins de 2 000 m du terminus, ont fait abandonner ce projet lorsqu'un examen plus détaillé du problème eut montré la possibilité d'augmenter le nombre des voies au niveau actuel et d'améliorer celles qui existent.

Nous nous proposons d'examiner brièvement le programme

d'ensemble des travaux que comporte l'électrification des lignes de la banlieue aboutissant à la gare Saint-Lazare, et l'amélioration des aménagements de cette gare pour les rendre, sinon plus vastes, ce qui est fort difficile, du moins aussi bien disposés que possible pour le service mixte de banlieue et de grandes lignes qu'on doit y assurer.

TRAVAUX D'AMÉLIORATION DES ACCÈS A LA GARE SAINT-LAZARE (planche III, fig. 6, 7 et 8). — Pour évacuer et recevoir rapidement les trains, la première opération à réaliser est de spécialiser les voies par nature de convois. Le mélange des trains de grande ligne et des trains de banlieue est un procédé condamné, qui n'est conservé dans les grandes gares que lorsqu'on ne peut faire autrement.

La création d'un quatrième tunnel à deux voies au sud de ceux qui constituent actuellement l'accès de la gare Saint-Lazare, va déjà permettre de faire, cette année, une sélection dans les trains. Il en résultera une meilleure et plus judicieuse répartition des convois et une diminution sensible du nombre des circulations journalières sur les voies d'accès.

Le nouveau tunnel recevra les 150 trains de la ligne d'Auteuil ; les autres trains seront répartis dans les trois anciens passages, où le nombre des circulations baissera dans une proportion facile à calculer par suite du report des trains d'Auteuil sur les deux voies sud nouvelles.

Lors de l'application de la traction électrique sur les lignes de la banlieue, on pourra sans difficulté relever notablement le nombre des circulations sur chaque ligne, en spécialisant, autant que possible, et surtout pendant les heures de fort trafic, les différentes voies par natures de trains.

Pendant ces heures de circulation intensive, et sur les bases du mouvement actuel des voyageurs, les quatre souterrains permettront d'évacuer respectivement :

Celui d'Auteuil	5 500 voyageurs.
— de Versailles	7 000 —
— de Saint-Germain	7 000 —
— des grandes lignes et de grande banlieue	2 000 —

tandis qu'actuellement le tunnel central, avec ses 218 circulations à l'heure, débite environ 10 000 voyageurs avec toutes les difficultés de l'exploitation à la vapeur. La situation va donc être fortement améliorée par la mise en service du nouveau souterrain.

En même temps que l'on contruisait le quatrième tunnel, on créait, de l'autre côté de la plate-forme de la voie ferrée, entre le pont d'Asnières et le tunnel des Batignolles, deux voies en demi-lune destinées à assurer l'entrée et la sortie des trains de marchandises de la gare des Batignolles et la circulation du matériel et des machines haut le pied entre Saint-Lazare et le nouveau dépôt de Clichy.

Ces machines et ce matériel ne seront donc mélangés aux trains de voyageurs que pendant la traversée du tunnel nord de Batignolles, soit sur 300 m seulement.

Pour pouvoir établir au sud les deux voies nouvelles qui passent sous le tunnel qui vient d'être percé, et au nord les deux voies en demi-lune réservées aux marchandises, matériel et machines haut le pied, il a fallu étendre la plate-forme des voies d'accès, à la fois sous la rue de Rome et sous le square de Batignolles, et soutenir les chaussées et les trottoirs par des encoirbellements en ciment armé dont les plus importants ont un porte à faux d'environ 7^m,50.

L'amélioration sensible qui résultera de la mise en service du quatrième tunnel ne constituera qu'un palliatif insuffisant à la mauvaise disposition des voies d'accès de la gare Saint-Lazare, car les trains de grandes lignes seront encore mélangés aux trains de banlieue.

Toutefois, on pourra desserrer quelque peu les mouvements

des trains dans ces boyaux de 300 m qui conduisent à la gare, et cette solution provisoire permettra d'attendre le moment où l'on pourra faire passer tous les trains de grandes lignes dans le tunnel nord, les trois autres tunnels étant réservés aux trains de banlieue ; à moins que la suppression totale des tunnels de Batirolles ne soit décidée, ce qui permettrait d'arriver à Saint-Lazare avec douze voies simples.

Pour parvenir à une spécialisation aussi complète que possible, sans laquelle on ne peut songer à organiser une exploitation pleinement satisfaisante, il faut que les trains de grande ligne puissent traverser la zone de la banlieue sans recouper, en aucun point, les lignes parcourues par les trains du service local.

Lorsque ces lignes seront parcourues par des trains plus fréquents qu'à l'heure actuelle, il sera impossible de conserver les croisements à niveau.

Or, la dernière paire de voies, côté nord, à la sortie de la gare Saint-Lazare, destinée à recueillir plus tard tous les trains de grandes lignes pour la Normandie et la Bretagne, doit recouper fatalement les voies de banlieue d'Argenteuil pour se diriger sur Mantes par la rive gauche de la Seine.

Quant aux trains de Bretagne et de basse Normandie, ils doivent passer par la gare de Versailles-Chantiers pour se diriger sur Chartres ou sur Dreux et suivre des rails qui recoupent, en partant des voies de droite à Saint-Lazare, les lignes de banlieue d'Argenteuil, de Saint-Germain, de Marly et de Versailles.

Les travaux préliminaires vont donc comprendre la création d'ouvrages permettant aux voies de chevaucher les unes sur les autres, ouvrages qu'on appelle communément « sauts de mouton » (planche III, fig. 9).

Il serait trop long de décrire les projets très intéressants de modification de l'infrastructure des lignes d'accès à la gare Saint-Lazare, projets qui comprennent la suppression des passages à niveau des routes terrestres qui ne peuvent subsister avec la fréquence des trains de banlieue électriques.

Les principaux ouvrages dont nous venons de parler seront établis entre la Seine et la gare d'Asnières et auprès de la gare de la Garenne.

De ce dernier point partira un raccordement nouveau à double voie qui, contournant le mont Valérien en formant un S, ira rejoindre à Puteaux la ligne de Versailles ; cette voie sera suivie par les trains de grande ligne qui passent par Versailles-Chantiers.

Rien n'empêchera alors de faire circuler sur les lignes de la banlieue ouest, jusqu'à présent si deshéritées, des trains électriques fréquents entre lesquels on ne verra plus s'intercaler des trains venant des points les plus éloignés du réseau.

Les lignes équipées à l'électricité seront, en partant du nord (planche III, fig. 10) :

La ligne de Paris Saint-Lazare à Argenteuil ;
Celle de Paris à Saint-Germain ;

Celle de Paris à Versailles rive droite avec les embranchements de Saint-Cloud à Marly et Saint-Nom-la-Bretèche et de Puteaux aux Moulineaux jusqu'à Javel, où le rail électrique nouveau rejoindra l'ancien rail posé en 1900 entre les Invalides et Versailles rive gauche.

Enfin, celle de Paris à Auteuil avec l'embranchement de l'avenue Henri-Martin au Champ-de-Mars, où l'on retrouve encore la ligne électrique ancienne de Versailles rive gauche.

Lorsque les lignes de petite banlieue que nous venons d'énumérer seront équipées électriquement, il restera à réaliser la même transformation sur les lignes de Mantes par Poissy et par Argenteuil et sur celle de Pontoise par Conflans.

Le programme comporte, sur les sections les plus fréquentées, un minimum de quatre trains par heure dans chaque sens et deux ou trois sur les autres sections. Dans ces conditions, la gare Saint-Lazare aura, en dehors des trains de grandes lignes, à lancer et à recevoir environ quatre-vingts trains par heure dans chaque sens ; ce qui, à raison de vingt marches par ligne à double voie, correspond à huit voies électrifiées, deux pour Auteuil et six pour la banlieue.

Quant aux trains de grandes lignes qui ne fournissent qu'une centaine de circulations par jour, ils trouveront facilement place sur deux voies.

En résumé, il y aurait à prévoir pour la sortie de Saint-Lazare :

Pour la direction d'Auteuil	2 voies.
Pour la banlieue	6 —
Pour les grandes lignes	2 —
Pour la circulation du matériel et des machines	2 —

Soit douze voies, au total, dont la capacité de transport suffirait pendant longtemps à l'accroissement du trafic.

Après l'achèvement complet de l'électrification des lignes de la petite et de la grande banlieue desservies par la gare Saint-Lazare, et la construction de tous les ouvrages, voies nouvelles, raccordements nécessaires à la spécialisation des trains, le programme prévoit la possibilité d'assurer les chiffres de circulation suivants :

Au départ de Saint-Lazare, par jour (planche III, fig. 11) :

Ligne d'Auteuil	382 trains électriques.
Ligne de Versailles	339 —
Ligne de Saint-Germain et Argenteuil	351 —
Ligne de Mantes	295 —
Grandes lignes	51 trains à vapeur.
Matériel et machines	50 —

Il suffit de rapprocher ces chiffres de ceux qui correspondent à l'état actuel pour reconnaître que les installations projetées laissent une marge considérable aux augmentations même imprévues du trafic.

E. JANIN,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

CHEMINS DE FER

VÉRIFICATION ET RÉGULARISATION

DU TRACÉ DES COURBES DES VOIES DE CHEMIN DE FER

La constance, ou du moins la variation progressive, du rayon des courbes des voies de chemins de fer est une condition nécessaire de la stabilité de ces parties de voies et d'une allure régulière des convois qui les parcourent.

Aussi le maintien, ou le rétablissement de l'invariabilité de la

courbure, fait-il toujours l'objet de la part des différentes Administrations de chemins de fer d'instructions à leur personnel, plus particulièrement, depuis que le mode d'entretien dit de « revision générale » s'est partout systématisé et étendu.

Mais ces instructions ne peuvent pas ordonner de recourir

Fig. 10.

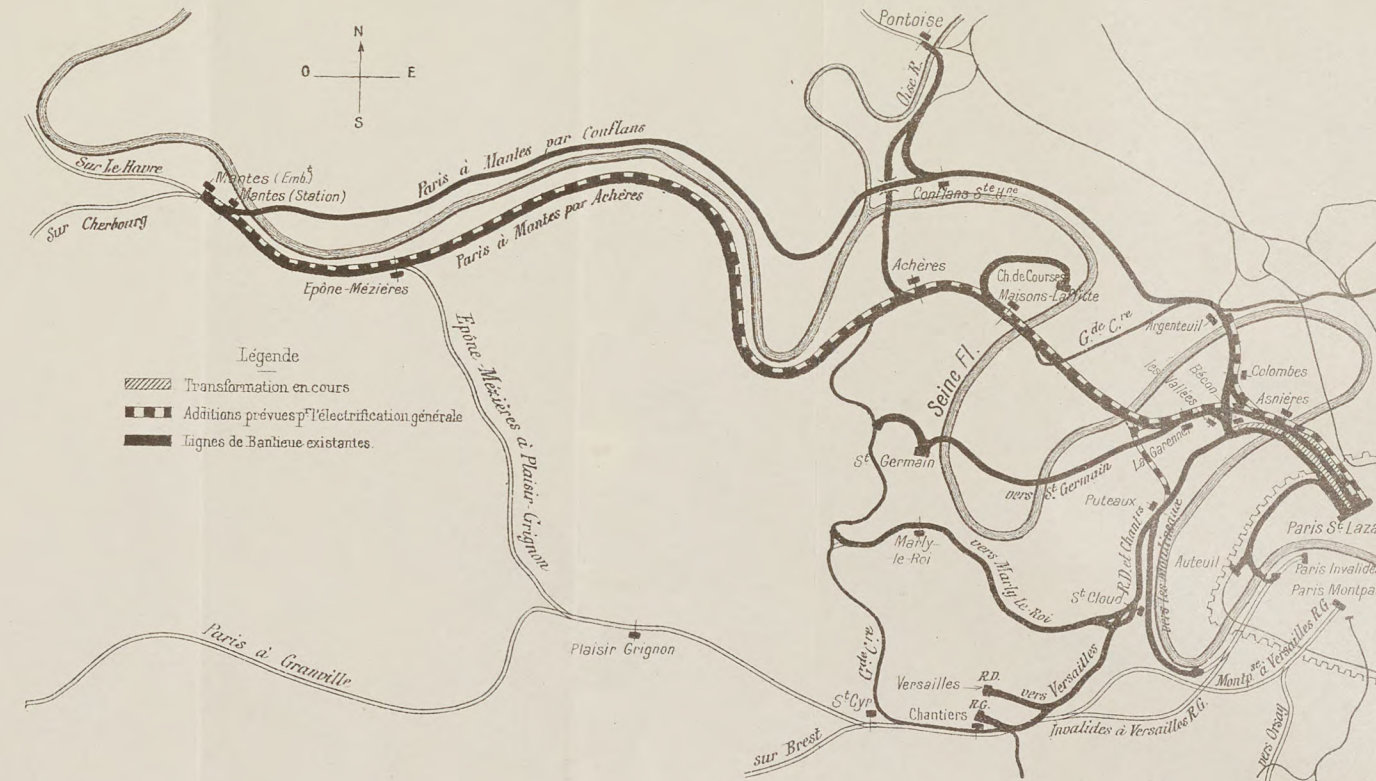
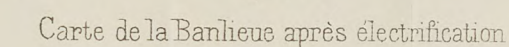


Fig. 11.

Mouvement journalier des trains après électrification.

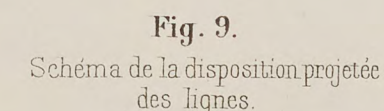
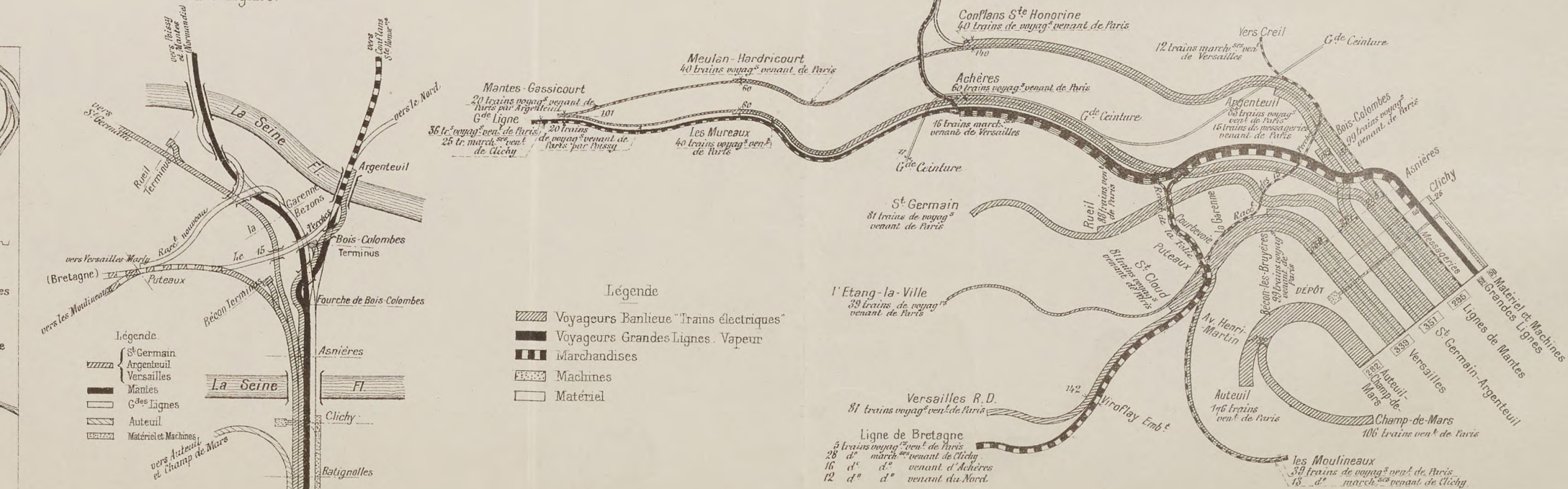


Fig. 8. Modifications projetées



à chaque vérification, à un tracé géométrique de la courbe. Les pertes de temps seraient trop considérables et le personnel également ferait défaut. Par destination, elles doivent rester essentiellement pratiques et à la portée du plus grand nombre des agents d'entretien. Elles ont donc recours à la méthode élémentaire suivante.

La courbe ou portion de courbe à vérifier et à rectifier est partagée (fig. 1) par un certain nombre de points (⁽¹⁾) $A_0, A_1, A_2, \dots, A_n$ sous-tendant une corde de longueur fixe et déterminée. Au moyen d'un cordeau fortement tendu, on mesure ensuite en chacun de ces

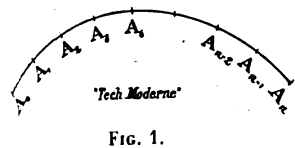


FIG. 1.

points la flèche correspondant à la corde ayant pour extrémités les deux points qui encadrent celui considéré. Soient f_n la flèche mesurée en l'un d'eux, f_i la flèche théorique résultant du rayon indiqué de la courbe. Par des « ripages » convenables des points $A_1, \dots, A_{n-1}$, on amène, successivement, en partant de A_0 , la courbe à présenter, en $A_1, \dots, A_{n-1}$, la flèche f .

La courbe étant ainsi dressée, on poursuit la même opération en partant cette fois de A_n en s'avancant progressivement vers A_0 . On se borne d'ordinaire aux deux opérations précédentes. Une plus grande précision dans le résultat à atteindre nécessiterait leur répétition.

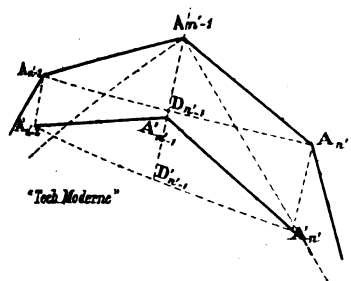


FIG. 2.

portant de pouvoir connaître la valeur exacte du ripage d'un point quelconque $A_1, A_2, \dots, A_{n-1}$, sans avoir à exécuter préalablement celui des précédents, afin d'être à même de le réaliser sûrement par une seule opération.

Nous allons dans ce but établir des formules dont l'application n'exige que des calculs arithmétiques les plus simples.

Soient donc (fig. 2) A_{n-2}, A_{n-1}, A_n trois points consécutifs, la corde $A_{n-2}A_n$ étant constante, $A_{n-1}D_{n-1} = f_{n-1}$ la flèche mesurée en A_{n-1} , f_i la flèche théorique correspondant au rayon R indiqué, et :

$$d_{n-1} = f_{n-1} - f_i$$

Si r_{n-2}, r_{n-1}, r_n sont les valeurs des ripages A_{n-2}, A_{n-1}, A_n , de chacun des points A_{n-2}, A_{n-1}, A_n , on a :

$$A_{n-1}D_{n-1} = f_i + d_{n-1} + \frac{1}{2}(r_{n-2} + r_n) - r_{n-1}$$

Pour régulariser la courbe il faut que $A_{n-1}D_{n-1} = f_i$, c'est-à-dire que :

$$(1) \quad d_{n-1} = r_{n-1} - \frac{1}{2}(r_{n-2} + r_n)$$

En observant que les points A_0, A_n sont fixes et que par suite r_0 et r_n sont nuls, on obtient alors facilement de (1) après quelques transformations algébriques :

$$(2) \quad \begin{cases} r_1 = \frac{2}{n}[(n-1)d_1 + (n-2)d_2 + \dots + d_{n-1}] \\ r_2 = 2r_1 - 2d_1 \\ r_3 = 3r_2 - 2(2d_1 + d_2) \\ \dots \\ r_{n-1} = (n-1)r_1 - 2[(n-2)d_1 + (n-3)d_2 + \dots + d_{n-2}] \end{cases}$$

(⁽¹⁾) Ordinairement distants d'un nombre entier de rails et placés aux joints.

Ces formules (2) quoique simples donneraient lieu à des opérations arithmétiques assez longues si la courbe à rectifier avait une grande étendue, il est donc pratiquement utile de les remplacer par d'autres donnant la valeur du ripage d'un point quelconque en fonction du ripage des deux points précédents. De (1) l'on tire :

$$r_{n'} = 2(r_{n'-1} - d_{n'-1}) - r_{n'-2}$$

équation qui, jointe aux deux premières (2), donne finalement les formules à appliquer :

$$(3) \quad \begin{cases} r_1 = \frac{2}{n}[(n-1)d_1 + (n-2)d_2 + \dots + d_{n-1}] \\ r_2 = 2r_1 - 2d_1 \\ r_3 = 2(r_2 - d_2) - r_1 \\ \dots \\ r_{n-1} = 2(r_{n-2} - d_{n-2}) - r_{n-3} \end{cases}$$

Une vérification facile des opérations arithmétiques effectuées est faite rapidement en remarquant (⁽¹⁾) que :

$$(4) \quad f_i = f_{n'-1} + \frac{r_{n'-2} - r_{n'}}{2} - r_{n'-1}$$

Afin de réduire la valeur absolue des ripages, il arrivera parfois que la flèche f_i ne sera pas toujours celle prise comme base des opérations, mais bien plutôt f_m moyenne des flèches $f_{n'}$ observées.

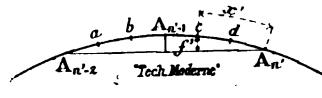


FIG. 3.

Dans ce cas, il sera utile d'être renseigné sur la valeur correspondante du rayon R de la courbe redressée.

En outre, pour réduire le nombre des équations (3) à appliquer lorsque la courbe à reviser est longue, on sera conduit à prendre une corde aussi grande que possible et il y aura intérêt pour dresser plus certainement la courbe à connaître quelques points intermédiaires a, b, c, d (fig. 3) par leurs ordonnées f' et leurs abscisses x' mesurées sur la file de rails à partir d'une des origines $A_{n'-2}$ ou $A_{n'}$.

L'entière possession de la méthode comprendra donc, outre les formules (3) et (4) la représentation nomographique par la méthode des points alignés (due aux travaux de M. l'ingénieur en chef des ponts et chaussées M. d'Ocagne et qu'il a exposée dans toute son ampleur dans son *Traité de Nomographie*) de l'équation :

$$f' = \frac{(a+x)(a-x)}{2R}$$

ou :

$$(5) \quad f' = \frac{(A-x')x'}{2R}$$

exprimant d'une façon suffisamment approchée les ordonnées f' des différents points d'un arc de longueur $2a = A$ de rayon R (fig. 4) en fonction de l'arc-abscisse x ou x' , et donnant R en fonction de la flèche choisie quand on y fait $x' = \frac{A}{2}$.

Pour obtenir cette représentation nomographique (⁽¹⁾) nous poserons :

$$\begin{aligned} R \cdot 2f' &= K \\ (A-x')x' &= K \end{aligned}$$

(1) Cette remarque est due à M. Laigle, Ingénieur principal de la voie à la Compagnie des Chemins de fer du Midi.

(2) M. d'Ocagne : *Traité de nomographie*, p. 144, Paris, 1899 ; *Calcul graphique et nomographie*, p. 240, Paris, 1908.

et, après une transformation logarithmique de ces deux relations,

$$\begin{aligned} u &= l_1 \log (A - x'), & u' &= l_1 \log R \\ v &= -l_2 \log K, & v' &= -l_2 \log K \\ w &= l_3 \log x', & w' &= -l_3 \log (2f'). \end{aligned}$$

En prenant :

$$l_1 = l_2 = 0,125 \quad ; \quad l_3 = 0,0625.$$

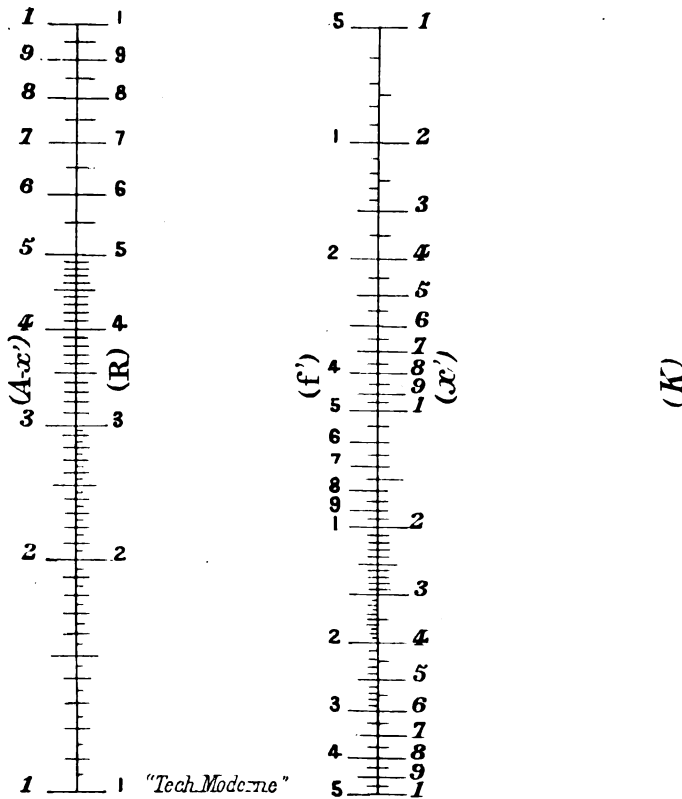


FIG. 5. — Nomogramme pour la vérification et la régularisation du tracé des courbes.

on a obtenu le nomogramme représenté par la figure 5, sur lequel, par un premier alignement pris au moyen d'un index (réalisé par un trait fin tracé sur un transparent) passant par les points cotés $(A - x')$ et (x') des échelles correspondantes, on fixe

sur la charnière K, un pivot (que l'on pourra matérialiser par une épingle piquée en ce point) et qui déterminera, avec le point coté (R), un deuxième alignement coupant l'échelle (f') en un point dont la cote sera celle de la valeur cherchée de f' . On remarquera que, pour $x' = \frac{A}{2}$, $f' = f_i$ ou f_M , et que, par suite, au moyen de la manipulation qui vient d'être décrite, on obtient R en fonction de cette dernière flèche.

Ce nomogramme, dont les modules des échelles ont été étudiés pour permettre son insertion commode dans un portefeuille, constitue, avec les formules (3) et (4) pouvant être inscrites sur son support ⁽¹⁾, tout le bagage nécessaire à la vérification et à la régularisation du tracé des courbes.

Sa réalisation sous forme de règle (fig. 6) « à déplacements proportionnels » ne présente d'ailleurs aucune difficulté et il revêt ainsi une forme pratique éminemment propre à être mise dans la main des agents d'exécution.

Il suffit pour l'obtenir de faire supporter les échelles $[(A - x'), (R)]$ et $[(f'), (x')]$ respectivement par deux réglottes, la règle recevant le support (K) gradué millimétriquement pour faciliter les repérages. Enfin, les versos des réglottes porteront également une échelle métrique permettant d'apprécier leurs tirages, et la règle sera munie d'un curseur analogue à celui des règles à calcul ordinaires.

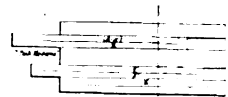


FIG. 6. — Règle à déplacements proportionnels.

Usage de la règle. — On place l'index du curseur sur la division cotée $(A - x')$ et, par un tirage T convenable de la réglotte correspondante, on amène le point de cote (x') sous l'index. Dans cette position de la règle, un déplacement $\pm T'$ de l'autre réglotte met sous l'index la division (R). Après un nouveau coulisage $\pm \frac{T'}{2}$ de la deuxième réglotte, on lit cette fois sous l'index la valeur cherchée (f') .

Enfin, s'il s'agit de trouver R connaissant $f' = F$, on usera d'une manipulation analogue, en remarquant seulement qu'au deuxième tirage T'' de la réglotte faisant recouvrir par l'index la division F correspondra ensuite un tirage $2T''$ de l'autre réglotte qui amènera sous l'index la division (R).

L. POTIN,

Attaché aux Chemins de fer de l'Etat.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

GROUPES ÉLECTROGÈNES AUTOMOBILES ET PROJECTEURS ÉLECTRIQUES ⁽¹⁾

(Suite et fin)

Ici s'impose une remarque très intéressante en ce qui concerne les groupes électrogènes pour projecteurs. C'est que l'alimentation d'un circuit électrique comprenant, comme unique récepteur, la lampe à arc d'un projecteur, impose au moteur à explosion qui conduit la génératrice, des « à-coups » de puissance du même ordre de grandeur et plus brutaux que la traction même du véhicule ⁽²⁾.

Jusqu'à présent, dans les installations photo-électriques, on atténue ces à-coups, sans les supprimer, par l'interposition d'un rhéostat sur le circuit de la lampe. Pour remplir convenablement son rôle, ce rhéostat doit absorber au moins 35 à 40 % de la puissance motrice. Cette fraction de puissance motrice est donc perdue de parti pris, sous forme de chaleur.

des charbons, on peut avoir des « à-coups » instantanés, sur le groupe électrogène atteignant le double de la puissance normale.

(1) Il sera avantageux de choisir pour cet objet une feuille de celluloid.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 4 (avril 1911), p. 218.

(2) Par simple déplacement de l'arc (qui est, de sa nature, capricieux pour les intensités de 100 à 200 ampères) entre les pointes

On pourrait arriver à un résultat meilleur comme régularisation de la puissance par une organisation appropriée de la dynamo (1). On voit, ici encore, que si cette organisation est telle que U varie automatiquement en raison inverse de I , le problème sera résolu, et cela d'une façon beaucoup plus satisfaisante que par interposition d'une résistance sur la ligne, puisque la totalité de la puissance du moteur sera utilisée (au rendement près de la dynamo) sans comporter de perte systématique dans un rhéostat.

Ainsi, pour le cas particulier d'une voiture automobile électrogène pour projecteurs, la génératrice ainsi conçue satisferait à la fois aux exigences de l'alimentation des moteurs de traction et du projecteur.

Voyons quelles solutions se présentent pour réaliser une telle organisation de la génératrice. Pour faire varier la tension U aux bornes en sens inverse du courant débité, on dispose en particulier de deux moyens :

1° La réaction d'induit, par un simple calage approprié des balais, à condition toutefois que le circuit magnétique de la machine soit peu saturé.

C'est là une solution très approximative. La grosse difficulté qu'elle introduit réside dans la commutation qui ne peut guère être rendue acceptable à tous les régimes (2) ;

2° Un enroulement « série » démagnétisant avec calage fixe des balais. La commutation peut alors être rendue bonne à tous les régimes au moyen de pôles auxiliaires de commutation.

Cette solution, qui est seule susceptible d'une mise au point complètement satisfaisante, exige, elle aussi, que le circuit magnétique soit peu saturé, qu'il soit constitué par un métal ayant peu d'hystérésis et de « trainage magnétique ». Elle entraîne de ce fait un poids un peu fort du fer de la machine ; un poids également un peu fort du cuivre, par le fait que cette induction modérée du fer doit être obtenue par la résultante des forces magnéto-motrices de deux enroulements différentiels ; somme toute, la machine réalisée est trop lourde.

Il va sans dire en outre que, pour assurer la stabilité de fonctionnement d'une telle dynamo, l'excitation séparée s'impose. La génératrice portera donc, en bout d'arbre, une petite excitatrice qui devra fonctionner avec une saturation prononcée de son circuit magnétique (3). Ainsi, il serait parfaitement possible, avec un moteur de 18/24 chevaux, d'alimenter dans de bonnes conditions un projecteur du calibre de 1^m,50 (constantes de régime de la lampe : 200 à 210 ampères sous 65 volts) (4).

1. Aux Etats-Unis, le département de la Guerre a renoncé à l'emploi du rhéostat « de ligne » pour régulariser l'allure du fonctionnement général des groupes électrogènes de ses stations photo-électriques fixes. Les dynamos employées, du système Rosenberg, sont organisées de façon que leur tension aux bornes varie automatiquement pour réaliser une intensité constante dans la ligne, et non pas de façon que la puissance qu'elles absorbent et restituent soit constante. Il en résulte quand même une certaine simplification de conduite, au seul point de vue électrique.

2. Des expériences faites, par l'auteur, dans ce sens ont montré qu'on peut alimenter un projecteur du calibre de 1^m,20 (constantes de régime de la lampe : 130 à 140 ampères sous 55 volts) avec un moteur de 15 chevaux, puissance habituellement requise pour des projecteurs du calibre de 0^m,90.

3. Ce dispositif est, dans son ensemble, celui qui est employé dans le système de transmission électrique installé par la « British Thomson-Houston Co » sur ses électrobus, mis en service à Londres au début de 1907.

4. Rien ne s'opposerait d'ailleurs à une telle organisation dans les stations électrogènes fixes pour projecteur. On réaliserait, de ce fait, l'économie des 35 ou 40 % de la puissance, perdus de parti pris dans le rhéostat. L'éclairage des locaux et la commande à distance du projecteur, devant fonctionner sous voltage constant, seraient alimentés par l'excitatrice, prévue en conséquence. Il nous semble que l'on arriverait beaucoup plus sûrement ainsi à réaliser la stabili-

En résumé, on voit qu'en organisant la dynamo génératrice selon les principes qui viennent d'être énoncés, un groupe électrogène automobile pourrait être équipé avec une transmission électrique aux roues motrices qui réaliserait le changement de vitesse automatique et progressif. Si ce groupe électrogène doit alimenter un projecteur, la génératrice organisée pour la traction l'est aussi pour le fonctionnement du projecteur. Si, au contraire, le groupe est destiné à alimenter en force motrice, sous tension constante, un atelier ou encore l'éclairage d'un chantier, il suffit de permuter les deux extrémités de l'enroulement démagnétisant pour obtenir une dynamo compound ordinaire.

Au seul point de vue de la traction, la transmission sous forme électrique de la force motrice aux roues du véhicule présente un autre avantage, surtout pour les véhicules lourds, les seuls dont il soit question dans cet exposé. La forme électrique de la puissance se prête, en effet, naturellement et sans complications spéciales à sa transmission à un nombre quelconque de roues motrices. On peut donc concevoir un ensemble constitué par la voiture électrogène, dotée de 2 roues motrices, attelée à une voiture-atelier ou à une voiture-projecteur également automotrice. Cette solution aurait le double avantage d'améliorer le rendement de la puissance motrice (par suite, de diminuer les chances de dérapage et de patinage) en augmentant le « poids utile », et de fatiguer moins les routes et les bandages (5).

Les nombreux dispositifs de transmissions électriques n'ont eu cependant que peu de succès dans l'industrie automobile. Cela tient à plusieurs inconvénients dont nous allons rapidement examiner les principaux.

En premier lieu, l'accroissement important de poids, apporté par les dynamos, génératrices et motrices — poids qui tient à la nature même des machines électriques — est d'un ordre de grandeur prohibitif pour des voitures ordinaires. Il est visible que cet inconvénient est bien moindre dans le cas d'une usine électrogène automobile, véhicule lourd *a priori* et qui, de plus, porte, par définition, une dynamo génératrice. Il faut remarquer que la transmission électrique conçue rationnellement remplace l'embranchement, le changement de vitesse, le différentiel et le frein de différentiel par des dispositifs n'entraînant aucun accroissement de poids nouveau. On peut imaginer, par exemple, un débrayage réalisé par un pivotement du porte-balais autour du collecteur et permettant d'amener les balais à une position où ceux-ci ne recueillent qu'une tension nulle. De cette manœuvre résulterait d'ailleurs un freinage électrique des roues motrices analogue au freinage sur le différentiel d'une voiture ordinaire, l'enroulement induit de la génératrice ne constituant plus qu'une résistance ohmique très faible sur le circuit des moteurs entraînés par la vitesse acquise de la voiture.

Une deuxième raison de la défaveur où sont tombés les divers systèmes de transmission électrique est que ces systèmes, conçus précisément en vue de réduire le poids, ne réalisaient qu'imparfaitement, pour la plupart, l'avantage qu'on est en droit d'attendre d'une transmission électrique, savoir : le changement de vitesse automatique et progressif. Par une imitation peu justifiée du système de contrôle dit « série-parallèle », en usage sur les tramways électriques, la plupart d'entre eux comportait, en effet, un appareil de couplage permettant de brancher les moteurs des roues, soit en série, soit en parallèle sur la génératrice. Ceci constitue bien un moyen, aussi rudimentaire que radical, d'obtenir deux vitesses, V et $2V$, de la voiture, mais en demandant, dans le

lité du régime de l'arc que par l'emploi des régulateurs de lampes perfectionnés. Ceux-ci sont, en effet, toujours mis en défaut par le manque d'homogénéité des charbons, manque d'homogénéité malheureusement considérable pour des charbons de fort diamètre.

(1) Cette forme de transmission électrique, employée pour la première fois dans le « train Heilmann », a été mise à profit depuis dans les trains sur route système Siemens, essayés récemment aux manœuvres de l'armée allemande.

second cas, une puissance double à la génératrice, c'est-à-dire au moteur à explosion, alors que le problème consiste précisément à obtenir ces deux vitesses avec une puissance développée sensiblement constante.

Le couplage en parallèle des moteurs des roues — qui, dans une voiture automobile, actionnent non pas deux essieux placés l'un derrière l'autre et sur des rails, mais des roues placées deux à deux sur une même ligne d'essieux et roulant sur une route — a un autre inconvénient grave. Il produit une liaison des deux roues d'un même essieu, comme le ferait un manchon élastique, et l'ensemble ne peut plus, dès lors, effectuer convenablement les virages. Le couplage en série des moteurs constitue au contraire un « différentiel électrique » parfait. Il y a donc grand intérêt, dans une transmission électrique à ce que les moteurs d'une même ligne d'essieux soient branchés en série d'une façon permanente. Les variations de vitesse résulteront alors des variations de la tension développée par la génératrice.

En troisième lieu, l'incompétence générale en matière de dispositifs électriques du personnel généralement chargé de la conduite des voitures automobiles, a été souvent invoquée comme une raison d'ordre pratique et très importante contre les transmissions électriques en général, tant au point de vue de leur maniement que de leurs pannes.

La manœuvre d'un appareil de couplage « série-parallèle » adjoint à un groupe électrogène à essence, exige en effet un doigté très délicat, même pour un personnel spécial.

Or, une voiture électrogène automobile répondant à l'ensemble de la conception exposée ci-dessus, ne comporterait en dehors d'un inverseur ordinaire pour la marche arrière, que des con-

nexions fixes qu'on peut toujours établir solidement ⁽¹⁾, l'organe délicat et d'usure rapide qu'est un appareil de couplage en étant banni. Il faut admettre aussi que l'un au moins des hommes affectés à son service, celui-ci étant particulier, aurait reçu sur les questions d'électricité une éducation rudimentaire.

Les organes de manœuvre, réduits à deux pédales (débrayage et accélérateur) et au levier du frein de roues pourraient être facilement disposés de la même façon que dans une voiture ordinaire, ce qui réduirait à peu de chose l'instruction spéciale du conducteur.

Donc, s'il est acquis que les systèmes de transmission électrique sont tombés dans un discrédit mérité pour des genres d'application où ils étaient, d'avance, voués à l'insuccès, — par exemple, pour l'adaptation aux voitures d'usage personnel, — il n'en est pas moins vrai qu'un dispositif de cette nature, réalisant à l'aide de connexions simples et fixes l'automatisme du changement de vitesse, est susceptible d'apporter, sans accroissement de poids sensible, une réelle simplification dans le cas particulier de l'organisation des voitures électrogènes automobiles.

On s'est efforcé de montrer, dans ce qui précède, qu'une telle réalisation était possible.

En ce qui concerne spécialement les voitures électrogènes pour projecteur, elle constituerait, en s'inspirant des données générales indiquées dans le précédent exposé, une solution avantageuse du problème de l'alimentation du projecteur, en même temps que de celui de la propulsion du véhicule.

A. ROUSSEL,
*Capitaine d'Artillerie,
Ancien Élève de l'École Polytechnique.*

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

SUR UN APPAREIL DE MESURE DES TENSIONS DES HAUBANS DES AÉROPLANES

ET SUR UNE MÉTHODE NOUVELLE D'ÉTUDE DE L'ACTION DE L'AIR SUR LES AILES DES AÉROPLANES

Malgré les exploits accomplis par les aviateurs en ces derniers temps, pourrait-on affirmer que les aéroplanes d'aujourd'hui ont atteint la perfection ou même ont une valeur tout à fait supérieure à celle des premiers appareils construits? Nous ne le pensons pas.

Sans nier les progrès réalisés, ce qui serait nier l'évidence, on peut dire que si les aviateurs font de plus beaux vols qu'autrefois, cela tient en grande partie à ce qu'ils sont devenus plus habiles et qu'ils disposent de bons moteurs; on est malheureusement obligé de constater que si les appareils sont plus stables que ceux du début, ils n'en sont pas moins encore trop souvent sujets aux pires catastrophes.

Les accidents dont furent victimes des aviateurs des plus réputés le prouvent trop bien, et il est certain, que tant qu'il en sera ainsi, l'aviation restera forcément le domaine d'un nombre très restreint d'audacieux, alors que, au contraire, on peut espérer voir l'aéroplane prendre, dans l'avenir, un très brillant essor.

Pourquoi donc les aéroplanes sont-ils si fragiles? C'est évidemment parce que, devant être légers, ils ne peuvent être construits qu'avec des matériaux également légers. Mais l'industrie fabrique aujourd'hui des matériaux qui, sous une grande légèreté, offrent une très grande résistance à la rupture, et nous estimons

que, par une meilleure utilisation de certains des matériaux qui entrent dans la construction des aéroplanes, on pourrait rendre les accidents moins fréquents en faisant disparaître une cause de catastrophe qui est des plus à redouter.

Les catastrophes que nous visons sont celles qui sont amenées par la rupture des fils d'acier qui, dans les monoplans, soutiennent les ailes par-dessus et par-dessous et servent à entretoiser le fuselage, et qui, dans les biplans, servent également à entretoiser la poutre et le fuselage.

Nos recherches nous ont amené à imaginer et à construire un petit appareil dont l'emploi non seulement rendra ces catastrophes moins fréquentes, mais, et cela est peut-être d'une importance beaucoup plus considérable, permettra par surcroît d'étudier, par une méthode précise et absolument nouvelle, les lois de la résistance que l'air oppose au mouvement des aéroplanes.

Tout le monde sait que les fils d'acier des aéroplanes sont tendus à l'aide de tendeurs à vis ou à l'aide d'organes qui permettent d'obtenir un bon réglage de l'appareil au moyen de vis.

Le réglage idéal serait celui qui, tout en donnant à l'aéroplane la rigidité nécessaire, serait obtenu en ne soumettant les fils qu'à

(1) Les prises de courant nécessaires pour le fonctionnement en station sont comprises dans cette dernière catégorie.

des tensions initiales aussi faibles que possible, ne dépassant pour aucun d'eux une fraction minime de la tension de rupture, et réservant presque toute la résistance du fil pour les fatigues du plein vol.

Or, dans la pratique, on est loin de cet idéal. A cause, en effet, de la valeur élevée du coefficient d'élasticité de l'acier, il suffit de deux ou trois tours de trop du tendeur à vis d'un fil pour faire monter très notablement la tension par millimètre carré de celui-ci, et, le cas échéant, rien d'apparent n'indique au monteur que ce fil travaille trop, ni même qu'il travaille plus que les fils voisins.

Il en résulte, très certainement, que des aviateurs entreprennent journellement ou sont exposés à entreprendre des vols audacieux avec des fils très irrégulièrement tendus dont quelques-uns sont, déjà au départ, à une tension trop voisine de leur tension de rupture; de sorte que, sous l'action des grandes vitesses et surtout sous l'influence des rafales et des remous qui amènent une variation brusque de travail des fils, le plus tendu pourra être incapable de résister et se rompra, amenant un accident grave.

Peut-être faut-il voir là, à notre avis, la raison de bien des accidents dont des aviateurs très habiles ont été victimes malgré leur maîtrise incontestée.

Préoccupé de remédier à ces inconvénients, nous avons imaginé un appareil que nous appelons « tensionmètre » et qui permet de connaître immédiatement la tension des fils par millimètre carré.

Cet appareil repose sur les lois bien connues des vibrations transversales des cordes qui peuvent être résumées par la formule :

$$NL = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{g \cdot T}{S \cdot d}}$$

dans laquelle N représente le nombre des vibrations par seconde; L, la longueur de la corde vibrante; T, la tension totale; S, la section de la corde; d, le poids spécifique de la corde, et enfin g, l'accélération due à la pesanteur.

Si nous remarquons que le rapport $\frac{T}{S}$ qui figure sous le radical n'est autre chose que la tension t par unité de surface, on voit tout d'abord que N.L est indépendant du diamètre de la corde et que la formule peut se réduire à une expression de la forme :

$$N \cdot L = k \sqrt{t}.$$

Mais si, pour appliquer cette formule simplifiée, on voulait, pour chaque fil d'un aéroplane, mesurer sa longueur L et déterminer N, on se heurterait à d'assez sérieuses difficultés; en particulier la détermination de N ne serait pas aisée.

Notre appareil rend inutile toute détermination de L et de N et il donne, très rapidement, par une simple lecture, la valeur de t .

Cet appareil se compose en principe d'une règle, à laquelle est adjointe une caisse de résonance et qui porte deux chevalets dont l'un est fixe et l'autre mobile et peut se rapprocher ou s'éloigner du premier. Pour se servir de l'appareil, on appuie le fil sur les deux chevalets, on fait vibrer la partie du fil qu'ils limitent en la frappant légèrement, avec, au besoin, un simple crayon de poche, et on déplace le chevalet mobile de façon que la note produite par le choc soit à l'unisson avec une note témoin, le la_2 du diapason normal, par exemple, cette dernière note étant donnée par un diapason portatif.

On voit que la formule classique se réduit, en principe, pour l'application qui en est faite, à :

$$L = K \sqrt{t},$$

K étant un coefficient numérique. L et t sont donc liés par une relation parabolique, et il est possible de graduer la règle en tension de façon qu'il suffise de lire sur la graduation, à hauteur du chevalet mobile, la tension t .

Théoriquement, la graduation est unique et indépendante du

diamètre du fil expérimenté. Les différences de densité des fils de divers diamètres, différences dues à l'écroutissage, sont en fait insignifiantes, mais, pratiquement, le diamètre n'est pas sans influence sur la graduation. En effet, la formule :

$$NL = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{g \cdot T}{S \cdot d}}$$

ne s'applique rigoureusement qu'à des cordes fines et flexibles qui sont sans raideur propre, et l'expérience démontre que plus la raideur des fils métalliques est grande, ou, autrement dit, plus grand est le diamètre, plus grande aussi est la longueur L correspondant, pour une même valeur de N, à une valeur déterminée de t .

Cela peut s'expliquer d'ailleurs en remarquant que la corde limitée aux deux chevalets A et B (fig. 1), sur lesquels elle est fortement appuyée par l'action de deux ressorts, se comporte, en quelque sorte, comme une pièce encastrée de manière que la longueur vibrant réellement et donnant la note produite est non pas AB mais $A'B' < AB$.

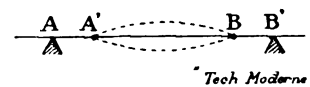


FIG. 1.

Si donc l'on voulait avoir très rigoureusement la tension t , il faudrait établir une graduation spéciale pour chaque diamètre, et c'est ce que l'on pourra faire pour les appareils destinés aux expériences précises dont nous parlerons plus loin; mais, pour l'appareil courant à mettre à la disposition des aviateurs, une graduation unique, ou deux au plus, peuvent suffire.

Ce qui importe, en effet, à un aviateur, c'est d'être certain qu'aucun fil n'est trop tendu dès le départ, et il lui suffit, pour s'en assurer, d'avoir un instrument de mesure qui lui donne la tension à 1/10 près environ, étant entendu que les tensions initiales ne doivent être seulement qu'une fraction faible de la tension de rupture.

Les expériences que nous avons faites ont porté principalement sur les fils de 2 et 3 mm choisis intentionnellement parce que les fils les plus employés sur les aéroplanes ont précisément ces diamètres ou des diamètres compris entre ceux-là.

En traduisant en courbes les résultats obtenus (t étant porté en abscisse et L en ordonnée), nous avons constaté que, dans les limites des tensions à envisager pour le réglage d'un aéroplane, c'est-à-dire, à notre avis, pour des valeurs de t comprises entre 10 kg et 30 kg les deux courbes sont parallèles.

L'appareil que nous destinons aux simples aviateurs comporte les deux graduations poussées jusqu'à 50 kg pour les fils de 2 mm et 3 mm de diamètre et la note la_2 .

Ces deux graduations donnent les tensions de tous les fils et câbles tressés de 1^{mm},5 à 3^{mm},5 avec une approximation suffisante.

L'appareil destiné aux expériences comportera, au contraire, toutes les graduations nécessaires poussées jusqu'aux tensions de rupture.

Le tensionmètre peut recevoir des applications nombreuses et importantes en aviation :

1° Il permet de régler chaque fil d'un aéroplane à la tension que l'on croit devoir adopter, soit la même pour tous les fils, soit une tension variable d'un fil à l'autre si l'on est conduit à penser, ou si l'on a constaté par expérience, que les fils fatiguent inégalement en plein vol.

Ce réglage, qui actuellement se fait presque à l'aveuglette, demande des ouvriers très exercés qui y sont spécialisés en quelque sorte, et il exige un temps très long; il sera au contraire on ne peut plus simple et rapide avec le tensionmètre: un ouvrier de qualité moyenne, ayant même une oreille médiocre, sera capable de l'effectuer après quelques minutes d'apprentissage, et le temps nécessaire au réglage n'atteindra pas une minute par fil.

2° Le tensionmètre permettra de déterminer la tension des fils,

non seulement au repos, mais encore en mouvement rapide et même en plein vol. Pour utiliser le tensionmètre pendant le vol, il suffira, en effet, de le suspendre au fil à étudier, après avoir rendu invariable la position des deux chevalets, et de produire des chocs légers sur le fil entre les chevalets, à l'aide d'un dispositif convenable facile à imaginer. Les sons résultant de ces chocs seront transmis par le moyen d'un tuyau acoustique soit à l'oreille d'un opérateur, soit à un phonographe enregistreur.

Dans le premier cas, si l'opérateur est muni d'une flûte de Pan portant une graduation en tensions correspondant à ses différentes notes, il lui sera possible en encadrant, entre deux notes de sa flûte, les sons perçus par son oreille, d'avoir une idée assez exacte des tensions du fil auquel il sera relié; nous avons constaté nous-même, au repos, qu'on apprécie très bien, à plusieurs mètres de distance, par un tuyau acoustique (constitué au besoin par un simple tuyau à gaz en caoutchouc), la hauteur du son donné par le tensionmètre.

Dans le deuxième cas, le phonographe, qui pourra n'être mis en marche que par intervalle, donnera le moyen d'étudier, tout à loisir après le vol, les sons enregistrés, par comparaison avec

des diapasons témoins en nombre suffisant, ou par examen des empreintes portées par le cylindre enregistreur.

Si ces dernières expériences réussissent, elles sont appelées à donner des résultats d'une importance hors-ligne. Par elles, en effet, toutes les incertitudes que comportent les formules relatives à la résistance de l'air disparaîtront.

Puisqu'on agira, non plus sur des surfaces réduites à quelques mètres carrés, mais bien sur les ailes mêmes des avions, et que la vitesse de l'air sera, non plus une vitesse réduite mais la vitesse même de l'avion en plein vol, les conclusions que l'on tirera des essais seront absolument certaines et indiscutables.

Grâce donc à ce que les expériences seront effectuées en plein vol, grâce à ce que leurs résultats se traduiront par des chiffres précis, grâce enfin à ce que le nombre des expériences pourra être aussi grand qu'on le voudra, on peut espérer voir s'éclaircir tout ce qui est resté obscur dans les lois de la résistance de l'air.

Fernand LARGIER,

Ancien élève de l'Ecole Polytechnique,
Capitaine du Génie.
Professeur adjoint à l'Ecole d'application
de l'Artillerie et du Génie à Fontainebleau.

GÉNIE MARITIME

LA PROPULSION DES BATIMENTS DE COMBAT

MACHINES A PISTONS ET TURBINES COMBINÉES

Nous avons indiqué, dans un précédent article (1), les caractéristiques générales d'un ensemble propulseur « mixte » pour bâtiments de combat de gros tonnage, cet ensemble comprenant essentiellement deux machines à pistons actionnant chacune une ligne d'arbres, et deux turbines accouplées à chacune des précédentes machines, utilisant la vapeur qui s'en échappe, et actionnant également deux lignes d'arbres.

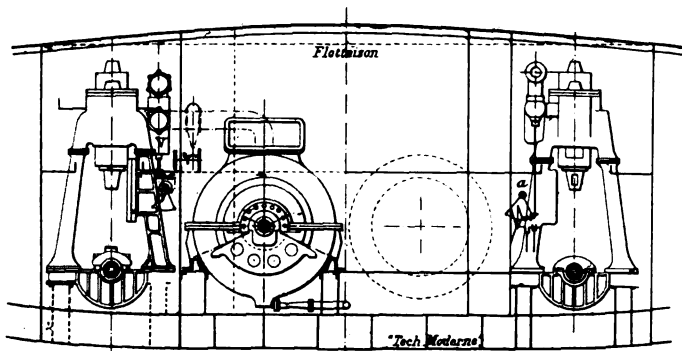


FIG. 1. — Coupe transversale d'un ensemble propulseur « mixte ».

Les figures 1 et 2 (coupe transversale et coupe longitudinale) par l'axe du bâtiment permettent de se rendre compte de l'agencement des divers organes. La « tranche » du navire qui contient les machines motrices proprement dites est fragmentée en trois compartiments par deux cloisons longitudinales non rectilignes en projection horizontale, et disposées de manière à laisser un espace suffisant en regard des machines à pistons. Celles-ci ont été supposées, sur la figure, ne comporter que trois cylindres (un à haute pression C_1 ; deux à moyenne pression

égaux, C_2 et C_3). La vapeur qui s'échappe de C_1 et de C_2 passe, à travers un organe distributeur V, soit directement dans les condenseurs principaux F, soit dans la turbine T. L'organe V, qui n'est autre d'ailleurs qu'un tiroir cylindrique à orifices

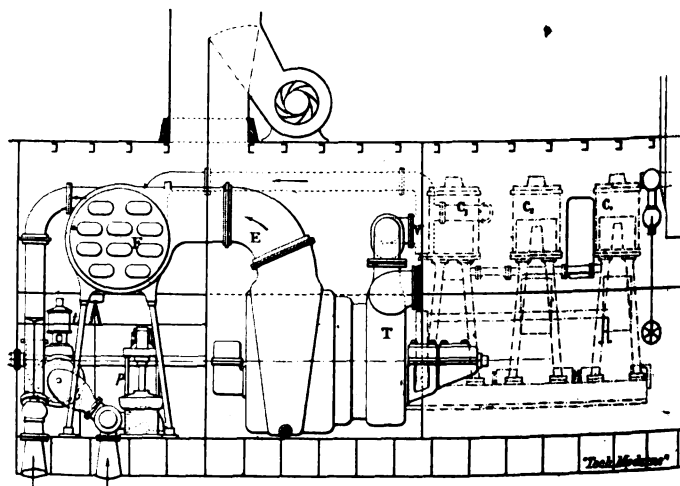


FIG. 2. — Coupe longitudinale d'un ensemble propulseur « mixte ».

multiples, manœuvré par une manivelle clavetée sur l'arbre de relevage α de la machine alternative, dirige son échappement en F ou en T suivant que celle-ci est en marche AR ou en marche AV, car il importe assez peu que la marche AR soit économique, et il serait, par ailleurs, impossible d'alourdir la turbine T d'un ailetage de marche AR très développé.

La tranche située sur l'AR de celle des machines contient les appareils de condensation, c'est-à-dire les condenseurs principaux F, les pompes de circulation t , les pompes à air et à eau

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 3 (Mars 1911), p. 133.

condensée *p.* Nous examinerons, plus loin, l'importance de ces divers organes.

Il n'est pas inutile de rendre numériquement visibles les avantages de cette disposition, que nous nous sommes simplement contenté d'énoncer dans notre précédent article. Tout d'abord, le diagramme entropique reproduit figure 3, montre immédiatement l'importance du gain thermique à en attendre, en comparant la surface hachurée verticalement à la somme de celles hachurées obliquement. Ce diagramme est relatif à l'un des derniers essais du croiseur *Jurien-de-la-Gravière* (essai de vingt-quatre heures, aux 0,55 de la puissance maximum de 18 226 I. H. P.)⁽¹⁾. On voit que la turbine BP, que nous comptons substituer aux cylindres de même nom, aura un rendement thermodynamique au moins égal aux $\frac{2}{3}$ de ceux-ci, ce qui revient à accroître le rendement de l'appareil moteur mixte d'au moins 12 % (et plus exactement, de près de 15 %) par rapport à la machine à pistons dont il tient la place. Le rendement propulsif des hélices des turbines que nous projetons étant de 0,55 alors que celui des machines à pistons équivalentes s'élève à 0,65, le gain réel, offert par la nouvelle combinaison, sera de :

$$0,12 \times \frac{0,55}{0,65} = 10 \text{ } \%$$

Il est facile de se convaincre que ce gain reste constant, pour un cuirassé dont la vitesse maximum est de 19 à 20 nœuds, à toutes les allures comprises entre celle-ci et 14 nœuds. En effet,

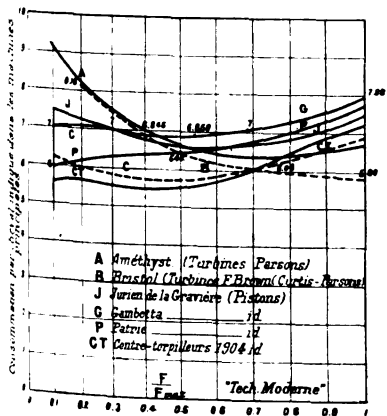


Fig. 4. — Consommation par cheval indiqué dans les machines principales en fonction du rapport de la puissance à la puissance maximum indiquée.

valeur proportionnelle, ce qui justifie la proposition que nous avons énoncée.

Dans ces conditions, si l'on porte en abscisses, sur le diagramme de la figure 4, les valeurs du rapport $\frac{F}{F_{\max}}$ (rapport de

la puissance à la puissance maximum indiquée) et en ordonnées les consommations d'eau par cheval indiqué et par heure correspondantes, on obtient une courbe telle que C, pour l'appareil moteur mixte que nous avons décrit. Les courbes A, B, J, G, P, CT du même diagramme permettent de le comparer, au point de vue économique, aux machines à pistons les plus récentes (*Léon-Gambetta*, *Patrie*, *Jurien-de-la-Gravière*, contre-torpilleurs type *Obusier*) aux turbines Parsons (*Croiseur Améthyst*) et aux turbines mixtes (Parsons-Curtis), construites et expérimentées par la maison J. Brown pour le croiseur anglais *Bristol*.

La comparaison montre, sans qu'il soit besoin de l'indiquer plus longuement, les avantages économiques des machines mixtes, par rapport aux turbines pour les puissances les plus fréquemment utilisées par les navires de guerre, c'est-à-dire celles comprises entre les 0,1 et les 0,70 de la puissance maximum. La figure 5 rend ces avantages encore plus frappants, car elle indique des valeurs proportionnelles aux distances franchissables d'un type de navire donné (cuirassé type *Patrie*) pour diverses vitesses. On a pris comme unité, pour tracer les courbes T, MA, et MA', la distance franchissable à la vitesse maximum obtenue en munissant le navire de turbines Parsons exclusivement, et en supposant ces turbines proportionnées de manière à réaliser le rendement optimum sur l'arbre (auxiliaires non compris), par une vitesse un peu inférieure à 20 nœuds (fig. 5). On observe, en consultant le diagramme, que la distance franchissable à 14 nœuds, avec la solution que nous proposons, est déjà supérieure de 65 % à celle obtenue avec les turbines seules, et qu'à 10 nœuds le gain obtenu dépasse largement 100 %.

Les diagrammes des figures 4 et 5 tiennent compte de la puissance et de la consommation des machines auxiliaires nécessaires au fonctionnement des machines principales, c'est-à-dire, en particulier, des pompes de circulation et des pompes à air; mais la puissance de ces appareils a été calculée en les supposant construits avec soin et appropriés aussi bien que possible à leur fonction : dans ces conditions, ils ne consomment que de 5 à 10 % (suivant l'allure) de la vapeur totale, alors que, dans les installations moins bien étudiées, cette consommation s'élève souvent au double de la précédente (fig. 5). Nous indiquerons, un peu plus loin, comment on est parvenu à réduire au chiffre indiqué plus haut la dépense de vapeur des pompes à air et des pompes de circulation, tout en obtenant les vides de 93 et même 95 % nécessaires à une bonne utilisation des turbines BP.

On pourrait craindre, à l'inspection des figures 1 et 2, que le poids de telles turbines fût de beaucoup supérieur à celui des cylindres dont elles tiennent la place; mais il n'en est rien, en réalité, si l'on suppose que les rotors sont constitués par des tambours, et non par des disques (c'est-à-dire, en d'autres termes, si les turbines ne sont pas de type multicellulaire).

Il y a, en effet, dans ce cas, équivalence à peu près rigoureuse

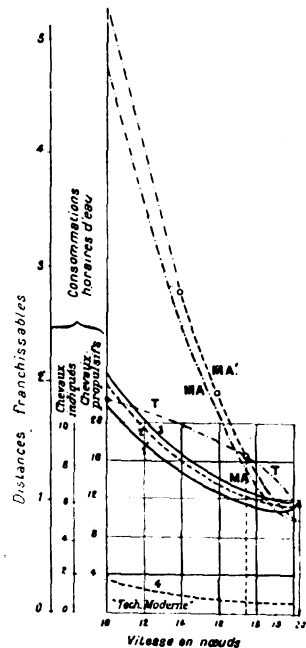


Fig. 5. — MA, courbe dont les ordonnées sont proportionnelles aux distances franchissables dans le cas des machines à pistons seules; MA', cas des machines mixtes; T, cas des turbines seules (sans croisières spéciales); 1, courbe des consommations horaires d'une turbine seule; 2, avec auxiliaires normaux; 3, avec auxiliaires maxima; 4, consommation maximum des auxiliaires.

(1) Indicated horse-power, cheval indiqué.

entre les poids par cheval indiqué des turbines ayant une vitesse circonférentielle de 45 m et une vitesse angulaire comprise entre 295 et 315 tours par minute et celui des machines alternatives dont la vitesse de piston est comprise entre 4^m,50 et 6 m. Pour les premières, en effet, ce poids est compris entre 32 kg et 35,9 ; et pour les secondes, il oscille entre 35 et 40. Il existe même, par conséquent, un bénéfice de près de 10% en faveur des premières.

Quant à l'encombrement des appareils mixtes, on voit qu'il n'est pas supérieur à celui des appareils à pistons correspondants. Toutefois, il est indéniable qu'il serait fort avantageux, au point de vue de la commodité générale du service, de réduire les dimensions transversales des moteurs à pistons. La chose serait facile, si on les suppose dotés du graissage forcé. En effet, dans ce cas, on peut, en conservant une vitesse moyenne des pistons de 6 m, élever la vitesse angulaire à 200 tours par minute (au lieu de 130 précédemment admis). Le diamètre du cylindre ne varie pas ($D \cdot V_p$ étant, à puissance égale, un invariant), mais la course est réduite et, par conséquent, l'espace occupé par les plaques de fondation.

Avant de quitter ce sujet, il n'est pas inutile d'indiquer, avec quelque détail, à la suite de quels perfectionnements la puissance utile des pompes à air et des pompes de circulation a pu être accrue, sans que leur consommation de vapeur augmentât d'autant.

La chose est principalement la conséquence d'une meilleure compréhension des phénomènes qui se passent dans les condenseurs à surface employés à bord. Le fluide contenu dans leur faisceau tubulaire n'est pas, en effet, homogène comme on l'avait longtemps supposé, et sa composition varie d'une manière continue depuis l'arrivée de va-

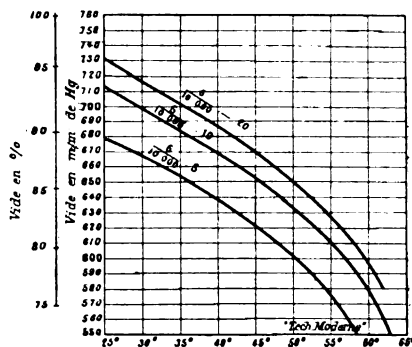


FIG. 6. — Courbes du vide pour diverses rentrées d'air et divers pouvoirs volumétriques (20, 10, 5 fois le volume d'alimentation).

peur jusqu'à la tubulure d'évacuation d'eau condensée. Il se compose à peu près exclusivement de vapeur dans la même région, et d'air (saturé) dans la seconde. Il s'ensuit que la température d'un tel mélange varie dans le même sens que la teneur en vapeur, alors que sa pression (somme des pressions des deux fluides) reste à très peu près constante. Il s'ensuit également qu'il est toujours possible d'obtenir un vide égal à la tension de la vapeur saturante correspondant à la température du condenseur, pourvu qu'on entende, par ce mot, la température de la partie supérieure.

Le mécanisme de la condensation est le suivant : lorsque l'équilibre des températures et des pressions est établi en chaque point, le volume de l'air aspiré par la pompe à air est égal à son pouvoir volumétrique, circonstance qui détermine, pour un débit d'air en poids donné, sa pression propre dans le fluide aspiré. La valeur de la contre-pression dans le condenseur est donc fixée, à condition toutefois que les surfaces d'échange et le débit d'eau de circulation soient suffisamment grands pour que l'équilibre supposé des températures puisse avoir lieu. Par exemple, si l'on suppose un débit d'air égal aux $\frac{6}{10\,000}$ du poids

de vapeur entrant dans le faisceau tubulaire, et une température à l'aspiration de la pompe à air de 25°, si, de plus, cette pompe engendre dix fois le volume de l'eau d'alimentation, le vide obtenu sera de 720 mm (courbes de la figure 6) et la contre-pression, dans toute l'étendue du condenseur, sera de 40 mm.

de mercure. Pour que cela soit possible, il sera nécessaire de proportionner les surfaces réfrigérantes au taux minimum de 3 dm² par cheval indiqué (en calculant le flux de vapeur à recevoir de 6 500 litres par I. H. P. heure, et les échanges de chaleur à recevoir de 3 000 calories par mètre carré-heure-degré). Or, en général, leur développement atteint au moins le double.

La température du fluide aspiré par la pompe à air joue donc un rôle aussi important que son pouvoir volumétrique réel, et il importe, à la fois, d'abaisser autant que possible celle-là et d'élever celui-ci. Si l'on emploie des pompes à pistons à faible vitesse, on peut user de l'artifice suivant, employé par MM. Weir dans leur type « Dual » : le cylindre, spécialisé à l'extraction de l'air, est énergiquement refroidi, par une injection d'eau douce à basse température, qui a pour effet de combler les espaces morts d'un liquide ayant une tension de vapeur très basse. Ce flux d'eau douce froide est d'ailleurs simplement emprunté au refoulement du cylindre spécialisé à l'extraction de l'eau condensée, après son passage à travers un refroidisseur tubulaire maintenu à la température de l'eau de mer (20° C au plus, dans nos contrées).

Les pompes Westinghouse-Leblanc, n'ayant pas d'espaces morts, n'ont pas besoin de recourir à cet artifice ; mais, cependant, l'air aspiré est refroidi, là aussi, par la grande quantité d'eau de mer qui est précisément employée à son entraînement, si bien que sa température est pratiquement celle de ce flux liquide.

C'est cette circonstance qui contribue pour beaucoup à élever leur puissance volumétrique, l'air aspiré par ces pompes étant ainsi à une température notablement plus basse que celle que l'on peut mesurer à l'extrémité du faisceau tubulaire de condensation (le coefficient de convection de l'air est, en effet, 500 fois plus petit que celui de la vapeur d'eau).

Par ailleurs, quoique engendrant un volume au moins égal à 15 fois celui de l'alimentation, elles n'absorbent qu'une puissance relativement faible, pourvu que leur hauteur de refoulement n'excède pas 2 ou 3 m. Cette puissance est, cependant, de 3 à 4 fois supérieure à celle indiquée dans le cylindre à vapeur des pompes « Dual », mais la meilleure consommation spécifique du moteur employé à les condenser (8 litres par B. H. P. (1) dans le cas d'un moteur à pistons compound ; 10 litres par B. H. P. dans le cas d'une turbine à 2 500 tours) rétablit, et au delà, l'équilibre et fait que la dépense de vapeur nécessitée par l'extraction de l'air est très faible lorsque les rentrées n'excèdent pas $\frac{6}{10\,000}$ du flux total de vapeur, c'est-à-dire que le réseau

d'échappement est suffisamment étanche. Cette dépense n'atteint pas, en règle générale, 0,76 % de la dépense de vapeur des machines motrices principales.

Il en est de même, exactement, pour les turbines forçant l'eau à travers le faisceau condensant. Si les tuyautages, et, en particulier, leurs aboutissements sur la carène sont suffisamment bien tracés, la charge à vaincre par ces turbines n'excède pas 3 m, même lorsque l'eau fait trois parcours à travers le condenseur, alors que, jadis, on a pu mesurer une résistance souvent égale au double de celle-là. De plus, le rendement hydraulique des pompes centrifuges a été accru (par une meilleure appropriation de l'ouverture réduite au pouvoir manométrique et par un meilleur tracé des sections) de 0,40 à 0,70 et même 0,80 (Waldeck-Rousseau). Enfin, les moteurs compound à pistons employés à les conduire réalisent des consommations par cheval indiqué inférieure à 8 litres, à partir d'une puissance de 100 chevaux. Dans ces conditions, la dépense de vapeur des appareils de circulation est égale à celle des pompes à air, et leur somme n'atteint pas, lors de la vitesse maximum, 2 % du flux de vapeur motrice.

Il est possible, d'ailleurs, de simplifier assez notablement l'installation des appareils de condensation, tout en réduisant de près

(1) Brake horse-power, cheval au frein.

de 60 %, leur poids global, en réunissant, sur un même arbre, entraîné à 2 500 tours par minute par une turbine à vapeur, la pompe à air Westinghouse-Leblanc, la pompe centrifuge d'extraction d'eau condensée et la pompe centrifuge de circulation, quoique les proportions de cette dernière soient alors moins satisfaisantes que pour des vitesses angulaires de 300 à 400 tours. (La diminution de rendement hydraulique qui en résulte pour celle-ci est d'ailleurs compensée, à très peu près, par l'accroissement du rendement spécifique de la turbine motrice dont la puissance est sensiblement doublée) (1). Il est curieux de constater que l'on revient ainsi aux anciennes dispositions (connues jadis sous le nom de *machines de servitude*, mais, avec cette correction, que tous les pistons sont remplacés par des roues à aubages, et que les irrégularités du couple résistant, qui avaient rendu si difficile la mise au point des anciens types, sont ici radicalement supprimées. Il faut aussi constater que, comme dans les anciennes machines horizontales, il convient d'avoir des dispositions spéciales pour la purge des régions inférieures de la culotte d'échappement des turbines BP, régions situées en contre-bas du condenseur. La figure 7 représente une « machine de servitude » Westinghouse-Leblanc, et montre le dispositif adopté pour la purge de la turbine qu'elle dessert.

Nous avons, dans l'étude qui précède, évité de faire état d'appareils ou d'organes non encore essayés et consacrés par un emploi assez prolongé à bord : c'est pourquoi nous avons considéré que la meilleure solution à adopter, dans l'état actuel des choses, pour conserver, aux machines motrices de nos bâtiments de combat une économie satisfaisante, était de les constituer par des moteurs mixtes. Mais il est permis de penser que, dans un avenir assez rapproché, d'autres dispositions permettront d'assurer aux turbines un rendement spécifique suffisamment élevé (même aux allures voisines de la demi-vitesse maximum pour que leur emploi soit tout à fait approprié aux conditions du service des bâtiments rapides (croiseurs et destroyers), les moteurs mixtes restant toutefois les mieux adaptés aux cuirassés proprement dits.

Si l'on considère les courbes de rendement hydraulique d'un étage de turbine à action, tracées en fonction du rapport $\frac{u}{c_1}$ ($\frac{\text{vitesse circonférentielle}}{\text{vitesse d'injection}}$), on s'aperçoit que, s'il était possible de conserver à allure réduite toujours la même vitesse d'injection dans chaque étage, la consommation à vitesse moitié serait de près de 20 % inférieure à ce qu'elle est lorsqu'on opère la réduction d'allure en étranglant simplement le registre. Mais, pour que cela soit possible, il faudrait, soit faire varier les sections de passage — ce qui n'est pas réalisable aisément — soit rendre intermittent le débit de vapeur — ce qui a déjà été réalisé, dans un autre but, par C.-A. Parsons dans les turbines fixes. L'inertie des pièces mobiles est, en effet, assez grande pour que, même avec des « bouffées » relativement très espacées, la vitesse des hélices reste très suffisamment constante (par comparaison avec celle imprimée par les machines à piston). Il suffirait donc de lui imprimer des pulsations de fréquence réglable, la vitesse à l'ins-

tant de l'ouverture et de la fermeture des orifices étant aussi grande que possible pour restreindre au minimum les périodes de laminage. La chose semble assez aisément réalisable, mais on ne peut faire état de cette amélioration pour l'établissement des plans des appareils moteurs de nos bâtiments de combat actuels.

Peut-on, dans un ordre d'idées tout différent, escompter une « mise au point » assez rapide des moteurs Diesel à deux temps, pour qu'il soit permis de les faire entrer en concurrence avec les turbines pour la propulsion de ces mêmes navires ? Nous allons montrer, dans ce qui suit, que, contrairement à ce que peuvent un certain nombre d'ingénieurs et de constructeurs, il ne nous semble pas prudent d'espérer surmonter en peu de temps les diverses difficultés techniques que soulève leur emploi comme moteurs marins de forte puissance. Il va sans dire, tout d'abord, que nous ne voulons pas nier les avantages considérables que procurerait leur substitution aux appareils à vapeur, même chauffés au pétrole, et que l'on peut rappeler ici en peu de mots :

a) Réduction considérable du poids et de l'enroulement de la machinerie. En effet, le poids par cheval de moteurs à quatre temps à vitesse de piston relativement assez petite, n'excède pas 40 kg., et la consommation horaire de combustible est, même en tenant compte de la puissance nécessaire au balayage, trois fois plus petite que celle des meilleurs appareils à vapeur au voisinage de la puissance normale.

b) Réduction à zéro de l'influence de l'état du personnel sur la puissance réellement disponible de l'appareil moteur (pas de chauffeurs, pas de soutiers, pas de mouvements de charbon, etc.).

c) Pas de cheminées. Sources de nombreux inconvénients d'ordre militaire (limitation des champs de tir des tourelles ; influence fâcheuse des avaries produites par les projectiles sur la production de vapeur des chaudières, etc.).

Mais ces avantages d'ordre général incontestables sont, malheureusement, compensés, dans l'état actuel des choses, par une foule d'inconvénients techniques qui ont tous pour effet de compromettre la sécurité du fonctionnement et surtout sa durée.

Tout d'abord, la pression de combustion n'est pas une grandeur déterminée comme le timbre des chaudières. Elle dépend d'une grande quantité d'influences : température du cylindre, pression d'insufflation, balayage, etc. ; elle peut même varier d'un coup de piston au suivant de plus de 60 % de sa valeur sans cause extérieure apparente. Dès lors, il est nécessaire de calculer les organes soumis aux forces intérieures produites par la pression des gaz, de telle sorte que leur limite élastique ne soit pas atteinte pour des pressions variant de 100 kg/cm². Il en résulte des difficultés constructives assez grandes pour les axes des pieds de bielle, les parois des pistons et des culasses, etc. Ensuite, le refroidissement des pistons de gros diamètre n'est pas sans présenter, lui aussi, d'assez grandes difficultés dans le cas des appareils marins que l'on ne peut songer à munir de contre-tiges comme les moteurs fixes.

On peut, il est vrai, utiliser le trou axial de la bielle motrice, à condition d'employer l'huile de graissage à cette réfrigération ; mais il faut alors accroître considérablement le débit de la pompe chargée du service de la lubrification et disposer des refroidisseurs d'huile très développés, pour lesquels les bases d'un calcul suffisamment exact font encore défaut, le coefficient de convection de l'huile variant dans des proportions encore peu connues de fluidité.

Le fonctionnement de tous les organes de la distribution (soupapes, cames, galets) n'est pas encore aussi parfaitement connu des constructeurs que l'est, par exemple, celui des tiroirs d'une machine marine ; et l'on est exposé, encore aujourd'hui, à dessiner des transmissions dont le bon fonctionnement mécanique soulève des difficultés insurmontables. Plus particulièrement, les plus petites modifications dans les aiguilles d'injection et dans leur mécanisme de conduite peuvent avoir une influence très grande sur la tranquillité de marche et même sur la puis-

(1) Il va sans dire que la pompe centrifuge n'entraîne le flux de circulation que par l'intermédiaire d'une trompe, véritable transformateur d'énergie, que l'on sait, aujourd'hui, doter de rendements excellents, lorsque les fluides mélangés sont incompressibles.

sance spécifique du moteur; et l'on ignore encore les relations intimes qui lient les effets observés à leurs causes premières.

Enfin, la fabrication des organes des moteurs Diesel nécessite une précision d'exécution qui est encore inconnue, en France tout au moins, à nombre d'ateliers de constructions mécaniques, et qui accroît les difficultés d'usinage, dans de très grandes proportions par rapport à la machine à vapeur (alternative ou turbine). Le mécanisme de commande des soupapes, par exemple, comporte de très nombreuses pièces cémentées, trempées et rectifiées à la meule; le grand nombre de commandes analogues, dans un appareil marin polycylindrique, nécessite d'ailleurs l'interchangeabilité de presque tous les organes chargés de la même fonction (cylindres, culasses, leviers de renvois de mouvement, cames, galets, etc.).

Dans un autre ordre d'idées, il faut aussi mentionner que l'expérience pratique des quelques rares moteurs Diesel employés à la propulsion de petits bâtiments sous-marins est encore très courte pour que l'on connaisse la longévité des organes transmettant les efforts moteurs. On peut craindre, en effet, que les arbres manivelles et les tronçons des lignes d'arbres, déjà sujets à avaries avec les machines à vapeur transmettant un couple périodique, ne soient encore plus exposés à des ruptures après quelque temps de service, avec des moteurs à combustion, leur couple moteur présentant des ondulations très accentuées, même lorsqu'on emploie huit cylindres pour le produire.

La mise au point des turbines à vapeur employées comme appareils moteurs marins a nécessité quelques années, malgré leur extrême simplicité mécanique et la parfaite connaissance que nous possédons des propriétés de la vapeur d'eau. Tout à leur opposé, le moteur Diesel, à quatre ou à deux temps, comporte un nombre considérable de mécanismes et d'organes au sujet desquels la documentation technique est encore presque nulle, tout au moins en France. Le bon fonctionnement de ce moteur ne pourra donc être assuré à bord des navires de combat (selon toutes probabilités), qu'à la suite de recherches expérimentales encore assez longues; et il nous paraît que, dans l'état actuel de ces recherches, il serait tout à fait imprudent de construire un cuirassé muni *exclusivement* de moteurs Diesel comme machines motrices.

Mais, si les divers essais faits par la plupart des constructeurs français réussissent, c'est-à-dire si l'on peut faire fonctionner avec une sécurité convenable des moteurs à deux temps de grande puissance (1 000 chevaux par cylindre, à 200 tours-minute), il ne serait pas exagéré de munir un cuirassé d'appareils moteurs mixtes, composés à la fois de moteurs à vapeur (pistons), et de

moteurs à combustion interne, ces derniers n'étant utilisés que lors des très courtes périodes où le bâtiment donne sa vitesse maximum. La disposition générale serait conçue dans l'ordre d'idées suivant : les machines à vapeur, et les chaudières chauffées au charbon qui les desservent pourraient imprimer au navire une vitesse maxima de 17 à 18 nœuds et réaliseraient leur maximum d'économie intrinsèque entre 12 et 14 nœuds. Les moteurs à pétrole lourd fourniraient là, avec une ordonnée moyenne de 5 kg seulement, l'appoint de puissance nécessaire pour propulser le bâtiment à 20 nœuds, mais en collaboration avec les appareils à vapeur. Comme il sera probablement possible d'élever leur ordonnée moyenne jusqu'à 9 kg et même plus, ces mêmes moteurs pourront suppléer à peu près complètement, en cas de besoin urgent, à partie ou totalité de ceux alimentés par la vapeur, c'est-à-dire par les bras des chauffeurs et des soutiers (ou, en d'autres termes, des canonnières auxiliaires).

Les hélices seraient au nombre de 4, portées par 4 lignes d'arbres, faisant 200 tours par minute au maximum, la puissance étant également répartie entre tous les propulseurs lorsque ceux du centre (moteurs à pétrole) ne sont pas surchargés. Les dimensions d'encombrement des moteurs à vapeur, par un navire de 23 000 tonnes filant 20 nœuds seraient les suivantes :

Longueur totale	9 ^m ,900
Hauteur totale depuis le vaigrage	5 ^m ,900
Largeur extrême	3 ^m ,600

Celles des moteurs à deux temps, à huit cylindres, seraient :

Alésage	0 ^m ,620
Course	0 ^m ,820
Longueur	10 ^m ,800
Largeur extrême	4 ^m ,500
Hauteur	5 ^m ,000

Les quatre ensembles propulsifs pourraient donc se loger dans la tranche représentée par les figures 1 et 2, mais les appareils de condensation auxquels viendraient s'ajouter les machines de servitude propres aux moteurs à combustion (pompes de balayage — compresseurs) nécessiteraient probablement une extension du compartiment qui les contient, cette extension étant d'ailleurs hors de proportion avec la réduction de l'espace alloué aux chaufferies (diminuées de moitié). Nous comptons d'ailleurs donner ultérieurement quelques détails complémentaires sur cette installation nouvelle.

M. D.,
Ingénieur de la Marine.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

L'ENTREPOT GÉNÉRAL FRIGORIFIQUE D'ÉPINAY (SEINE)

I. — RÔLE DES ENTREPÔTS FRIGORIFIQUES.

La conservation de produits périssables au moyen du froid artificiel commence à se répandre en France, car il apparaît de plus en plus qu'en dehors de ses qualités préservatrices, le froid peut devenir un agent de régulation dans le trafic des denrées, particulièrement lorsque celles-ci sont saisonnières. L'industrie du froid n'en étant cependant encore qu'à ses débuts, l'idée vient naturellement de créer, dans les centres de production, des entrepôts frigorifiques possédant toutes facilités d'approvision-

nement et des moyens rapides de communication avec les différents points de la zone productrice. La construction d'un entrepôt de cette nature aux portes de Paris correspondait à un besoin immédiat. Elle est aujourd'hui réalisée par la Société des Entrepôts généraux frigorifiques de la Banlieue de Paris et de Province. Le choix de l'emplacement s'est fixé sur l'usine de la Société d'importations alimentaires qui se trouve à Epinay-sur-Seine, dans une situation exceptionnellement avantageuse, au croisement des lignes du chemin de fer du Nord et de celles de la Grande-Ceinture; l'usine est d'ailleurs raccordée à la gare d'Epinay par un embranchement spécial; elle remplit toutes les

conditions désirables pour recevoir des expéditions par wagons complets.

II. — DESCRIPTION DE L'ENTREPÔT D'EPINAY.

La superficie de terrain occupé par les bâtiments de l'entrepôt proprement dit, des dépendances et des jardins à usage d'expériences est de 5000 m².

Les bâtiments frigorifiques comprennent :

Onze salles formant ensemble un volume de 3000 m³.

Les chambres 1 et 2 sont refroidies à . . .	+	2°
La chambre 3.	+	4°
Les chambres 4, 5 et 11.	—	5°
Les chambres 7, 8, 9 et 10.		0°
La chambre 6.	—	10°

On voit ainsi que, selon les dernières données de la pratique industrielle du froid, on a envisagé surtout la réfrigération des marchandises. D'autre part, on obtient, dans les différentes chambres, l'échelle de toutes les températures industriellement utilisables.

La propreté joue un rôle capital aux entrepôts d'Epinaï; un égout règne dans toutes les parties de l'usine et aucune eau ne ruisselle à la surface du sol; toutes les chambres à froid sont blanchies et tous les couloirs et antichambres sont peints au ripolin; le quai de manutention a reçu un pavage en grès ainsi que la salle des machines; les murs verticaux de cette dernière sont revêtus de faïences genre Métropolitain jusqu'à 1^m,50 de hauteur et le reste est peint au ripolin; enfin le pavage du sol de l'usine est en bois. On voit ainsi qu'aucune odeur malsaine ne peut se produire en un point quelconque de l'usine.

L'établissement d'Epinaï possède un service spécial à l'aide de camions automobiles pour le transport rapide des marchandises entreposées.

III. — MATÉRIEL FRIGORIFIQUE.

L'installation actuelle comporte deux compresseurs horizontaux fonctionnant à l'ammoniaque anhydre. Ces machines à double effet sont munies de soupapes à grande section et à faible levée, avec valves d'arrêt placées sur l'aspiration et sur le refoulement. Pour éviter tout accident pouvant se produire par surpression dans le cylindre, on a adjoint une soupape de sûreté dont la décharge se ferait éventuellement dans le tuyau de refoulement après le robinet d'arrêt. Le presse-étoupe (fig. 1) comporte deux garnitures de tresse spéciale, séparées par une lanterne dans laquelle l'huile est refoulée sous pression.

Le piston est muni de deux jeux de garnitures extensibles, assurant une étanchéité parfaite, et le cylindre compresseur comporte une enveloppe de circulation d'eau permettant la marche en surchauffe.

Sur la conduite de refoulement d'ammoniaque se trouve un séparateur d'huile en acier forgé, en communication avec un rectificateur.

Chacun des compresseurs a une puissance de 65 000 frigories-heure. Leur vitesse de régime est de 65 tours, dont la régularité est assurée par un volant de 2^m,80 de diamètre.

Près du mur de séparation de la salle des machines et des chambres se trouvent les condenseurs d'ammoniaque et les évaporateurs, respectivement au nombre de deux.

Les condenseurs, du type immergé, sont constitués par quatre serpents en tubes d'acier sans soudure disposés dans des cuves en tôle d'acier doux, d'une surface de refroidissement de 55 m², chacun (fig. 2, p. 280).

Les évaporateurs sont, comme construction, identiques aux condenseurs.

Deux pompes centrifuges de circulation de la saumure, d'un

débit de 40 000 litres à l'heure; refoulent dans les tuyauteries à une vitesse de 1 m à la seconde; elles tournent à environ 1 400 tours à la minute.

Le montage de ces pompes est disposé de telle façon qu'une d'elles puisse servir pour le dégivrage des tuyauteries réfrigérantes.

A cet effet, on a installé, à proximité de la salle des machines, et en sous-sol, une chaudière Field de 9 m² de surface de chauffe. La vapeur produite par la chaudière va dans un serpentin contenu dans une cuve, où on fait réchauffer la saumure avant de l'envoyer dans les tuyaux réfrigérants.

L'installation est disposée pour que chaque salle puisse être dégivrée sans arrêter le fonctionnement du froid dans les autres salles.

L'eau nécessaire aux condenseurs est fournie par un puits cuvelé et foré à 60 m de profondeur. Elle est refoulée dans un réservoir de 30 m³ de capacité à l'aide d'une pompe à pistons à double corps, débitant d'une façon continue 24 m³ à l'heure.

Un indicateur de trop-plein et de vide, fonctionnant électriquement, met le mécanicien au courant de l'état de la colonne d'eau

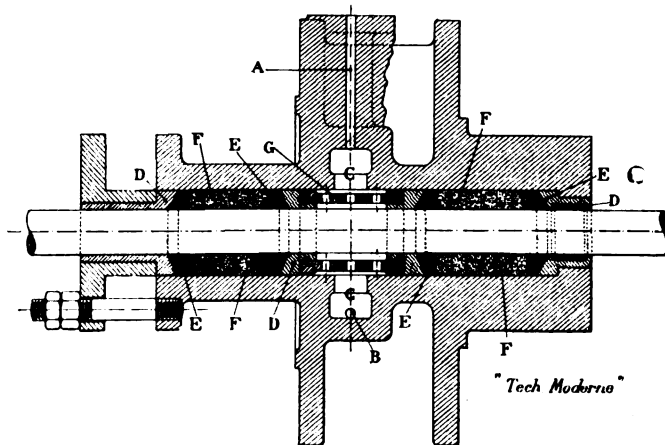


Fig. 1. — Schéma du presse-étoupe. A, Orifice d'aspiration du compresseur au presse-étoupe; B, orifice de refoulement de la pompe à huile au presse-étoupe; C, chambre à huile; D, garnitures d'antifriction; E, bagues en caoutchouc et toile; F, garnitures Karmal Packing; G, lanterne du presse-étoupe.

dans le réservoir. Celui-ci peut en outre être alimenté par la canalisation de l'eau de la ville en cas de faiblesse du débit du puits ou d'une réparation à faire dans le matériel d'exhaure.

En outre, dans la salle des machines même, pour parer à un manque possible d'eau, on a aménagé une autre installation d'exhaure en profitant de l'existence d'une nappe d'eau qui débouche dans une citerne de 10 m de profondeur.

Un ventilateur pouvant fournir 500 m³ à l'heure, disposé dans la salle des machines, sert à renouveler, en temps opportun, l'air vicié des salles. La tuyauterie en rapport avec ce ventilateur, rayonne dans toutes les salles et l'air vicié est rejeté à l'extérieur. La vitesse de marche du ventilateur est de 5 800 tours à la minute.

L'alimentation des salles est assurée par une conduite aller et retour de saumure froide et par une canalisation de saumure chaude, qui règne dans tous les couloirs de service. Ces tuyauteries sont revêtues d'un isolement spécial. Au droit des salles sont disposées les vannes commandant la circulation de la saumure froide et de la saumure chaude, tant pour les frigori-fères que pour les radiateurs réfrigérants.

Chaque salle comporte un appareil frigorifère, constitué par un certain nombre de tuyaux à ailettes, dont la longueur totale et la section sont déterminées par le degré de froid à obtenir. Ceux-ci, disposés au plafond de la chambre et au milieu de celle-ci, sont enfermés dans un coffrage en bois muni d'ouver-

enrouleur « Lœnix ». Deux moteurs, à cage d'écureuil, de 6 kw. chacun, tournant à 1 400 tours, sont accouplés directement aux pompes centrifuges de circulation du liquide réfrigérant. Le ventilateur pour le renouvellement de l'air des salles, tournant à 3 800 tours, est actionné par un moteur de 2 kw, par l'intermédiaire d'une courroie. La pompe du puits tournant à 100 tours est attaquée par un moteur de 3 kw, au moyen d'une courroie. Chacun des ventilateurs des salles est manchonné directement à un moteur électrique de 1 kw environ; la vitesse est de 1400 tours à la minute.

Les deux monte-charges sont, par l'intermédiaire des réducteurs de vitesse, commandés par des moteurs de 4 kw. La vitesse à la montée, à pleine charge, est de 0^m,16 à la seconde et celle à la descente de 0^m,18.

Tous les locaux sont éclairés à l'électricité à l'aide de lampes à filaments métalliques. Pour les grands espaces, on a recours à des lampes Osram de grande intensité lumineuse.

Un groupe électrogène, système Delaunay Belleville, fonctionnant à l'essence, est placé en bout de la salle des machines. Il sert à fournir la force motrice, en cas d'arrêt accidentel du secteur.

Le moteur, d'une puissance normale de 40 chevaux, est directement accouplé à une génératrice triphasée (25 périodes, 200 volts entre phases) à inducteur tournant, à 4 pôles et avec excitatrice en bout d'arbre.

L'allumage se fait par magnéto, à haute tension, et la mise en route à lieu à l'aide d'un démarreur à air comprimé.

Toutes les pièces frottantes sont graissées sous pression et tournent sur une très mince couche d'huile continuellement en circulation; de cette façon, les pièces n'ayant aucun contact entre elles, les frottements sont réduits au minimum.

Pour assurer ce graissage, le bâti de la machine renferme une certaine provision d'huile. Celle-ci est refoulée, par une pompe oscillante à piston sans clapets, à l'intérieur du vilebrequin, des bielles, des axes de pistons, des arbres à cames, etc. Elle s'échappe ensuite en passant entre les pièces mobiles et les deux paliers et retombe dans le bâti; enfin, elle est filtrée, reprise par la pompe et refoulée à nouveau. Un volant puissant et un régulateur à force centrifuge très sensible assurent la fixité du voltage de l'alternateur.

V. — DISPOSITIFS PARTICULIERS.

Les portes des salles sont commandées par un système de verrouillage à pression énergique et en outre par des serrures fermant du dehors. Il convenait donc d'éviter des accidents au cas où une personne viendrait à être enfermée par inadvertance dans une salle quelconque. Pour cela, on a installé des boutons électriques appelant sur un tableau disposé dans la salle des machines. Des cloches d'alarme, montées dans le bureau du mécanicien-conducteur et du directeur, avertissent ces derniers des appels produits et repérés sur le tableau.

Pour éviter le gaspillage de la lumière, des lampes de couleur placées dans les couloirs empêchent toute surprise à cet égard. Enfin, des services téléphoniques mettent en communication le personnel de l'usine avec les bureaux de la direction et de la comptabilité.

Une horloge mère, mue à l'électricité et placée dans le bureau du directeur, transmet l'heure dans les divers locaux de l'établissement.

Il existe dans chaque chambre un appareil, système Fournier (fig. 4), permettant de fournir à distance la température, d'une part, sur des cadrans disposés sur le tableau de distribution de l'électricité de la salle des machines, et d'autre part, des courbes relatives à la température et au degré hygrométrique des salles, recueillies sur des enregistreurs à double style placés dans le bureau même du directeur. Cet appareil est basé sur la propriété des vapeurs saturantes dont les variations de tension sont fonction seulement de la température et indépendantes des volumes qu'elles occupent.

L'organe essentiel de ces thermomètres est un tube en acier, à section elliptique, roulé en forme de tore. Dans l'extrémité inférieure de ce tube s'engage un tube capillaire, de longueur indéterminée, dont l'autre bout est en relation avec un réservoir de contenance déterminée. Ce dernier est placé dans l'endroit dont on veut relever la température. On introduit dans le réservoir de l'acide carbonique anhydre et, au-dessus, un liquide aussi peu volatil que possible (glycérine).

Sous l'action de la chaleur, la tension de la vapeur de l'acide carbonique varie et détermine dans le tore, par l'intermédiaire du liquide non volatil, des mouvements correspondants d'extension ou de contraction qui sont traduits pratiquement, sur un cadran, par l'intermédiaire d'un organe moteur (genre Bourdon) commandant l'aiguille indicatrice.

La localisation de la partie sensible est rigoureusement réduite au réservoir de l'instrument et celui-ci donne directement, sans corrections, la température réelle du milieu dans lequel il est plongé. D'autre part, les effets thermiques n'ont lieu que sur le réservoir; par suite, on obtient l'évaluation rigoureuse de la température à une distance pratiquement illimitée du corps de l'appareil indicateur.

Pour avoir à la fois les mesures de la température et de l'humidité, on dispose à l'intérieur du local à observer, un réservoir T pour le thermomètre sec et un réservoir T' pour le thermomètre mouillé (fig. 4). Ce dernier réservoir comporte un vase rempli d'eau humectant le réservoir T'. On relie T et T' par les tubes flexibles F et F' qui constituent la canalisation de l'installation. Les aiguilles *t* et *t'*, correspondant à chacun des réservoirs, inscrivent sur un cylindre C les indications des thermomètres sec et mouillé.

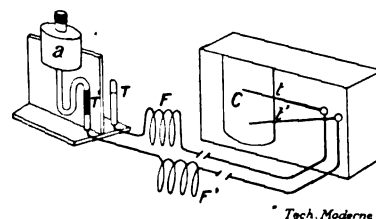


FIG. 4. — Schéma de l'appareil système Fournier.

Comme nous l'avons expliqué précédemment, à l'entrepôt d'Epina, on a branché sur la canalisation du thermomètre sec un cadran dans la salle des machines et l'enregistreur a été mis dans le bureau de la direction. Le style correspondant au réservoir sec fournit le diagramme de la température. Le style qui se trouve en rapport avec le réservoir mouillé trace, sur la même feuille, le diagramme qui doit servir à la détermination de l'humidité relative, détermination que l'on déduit d'un tableau fourni par le constructeur et qui est un extrait des tableaux officiellement employés dans les observatoires et les stations météorologiques.

Ce mode d'installation offre, au directeur de l'usine, le moyen d'être renseigné, sans se déplacer, sur l'état de la température et sur le degré hygrométrique des salles. C'est aussi, pour les clients entrepositaires, un contrôle constant et certain des engagements contractuels que l'administration de l'Entrepôt a pris vis-à-vis d'eux pour la conservation de leurs denrées.

VI. — ESSAIS DES MACHINES.

Les essais de réception de l'installation exécutés en notre présence et par les soins de M. Ambroix, ingénieur de la société des établissements Delaunay Belleville, ont donné les résultats consignés ci-après :

1° Essai de puissance frigorifique d'un compresseur.

Cet essai a été effectué avec circulation au condenseur à + 10° et la saumure refroidie à l'évaporateur de 0° à - 6°.

La puissance calorifique a été mesurée par la méthode suivante :

1° On a mesuré le débit de l'eau au condenseur et la différence de température entre l'entrée et la sortie de cette eau au conden-

seur. Soient q ce débit et $\theta - \theta'$ la différence des températures ; la chaleur absorbée par l'eau de circulation est :

$$C = q \times (\theta - \theta').$$

2° On s'est assuré du débit de la saumure à l'évaporateur et de la différence de température entre l'entrée et la sortie de cette saumure. Appelons q' ce débit et $(t_1 - t'_1)$ la différence des températures. On a mesuré l'abaissement de température de la saumure, depuis le début jusqu'à la fin de l'essai, et on a calculé la quantité totale de saumure contenue dans le circuit. Désignons par t l'abaissement de température et par Q la quantité de saumure du circuit, la chaleur absorbée dans le circuit extérieur à l'évaporateur est :

$$A = q' \times p \times c (\theta - \theta') + Q \times p \times c \times t;$$

p , étant poids spécifique de la saumure ;

c , sa chaleur spécifique.

3° On a mesuré la puissance absorbée par la compression au moyen de diagrammes dynamométriques.

Appelons Ni la puissance indiquée au compresseur, E , l'équivalent calorifique du travail, on a :

$$C = A + (Ni \times E).$$

Les débits d'eau et de saumure ont été déterminés au moyen de bacs installés à demeure, munis d'orifices Poncelet. Ces orifices, ménagés au fond des bacs, avaient un diamètre de 40 mm en paroi de 4 mm.

Le débit a été obtenu par la relation connue :

$$q = s \times k \times \sqrt{2gh}.$$

MOYENNE DES RELEVÉS D'ESSAIS.

Condenseur :

Température de l'eau à l'entrée du condenseur	10°2
Température de l'eau à la sortie du condenseur	16°2
Température de liquéfaction	26°
Hauteur du liquide dans le bac Poncelet	292 mm.
Diamètre des orifices Poncelet	40 mm.
Nombre d'orifices Poncelet	2

Evaporateur :

Différence de température entre l'entrée et la sortie de saumure $(t_1 - t'_1)$	2°
Hauteur du liquide dans le bac Poncelet	285 mm.
Diamètre des orifices Poncelet	40 mm.
Nombre d'orifices Poncelet	3
Température de la saumure au début de l'essai	0°
Température de la saumure à la fin de l'essai	— 6°
Quantité de saumure dans le circuit	11 000 lit. (1).
Concentration de la saumure en Baumé à 12° C.	19°75
Poids spécifique de la saumure à 19°75	1,16
Chaleur spécifique	0,77

Compresseur :

Moteur à courant triphasé	25 périodes.
Ampérage aux bornes du moteur	78
Voltage aux bornes du moteur	200
Facteur de puissance du moteur à 3/4 de charge environ	0,75
Rendement du moteur à 3/4 de charge environ	0,85

(1) La quantité de saumure est répartie comme suit :

Cuve de l'évaporateur	6 130 litres.
Tuyaux réfrigérants	3 900 litres.
Tuyaux de raccordement	970 litres.
Ensemble	11 000 litres.

RÉSUMÉ DES CALCULS.

Condenseur :

Débit d'eau :

$$q = S \times K \times \sqrt{2gh} \times 3600 = 2 \times \frac{\pi \times 0,4^2}{4} \times 0,62 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,292} \times 10 \times 3600 = 13400 \text{ litres.}$$

Chaleur absorbée au condenseur :

$$C = 13400 \times (16,2 - 10,2) = 80500 \text{ calories.}$$

Evaporateur :

Débit de saumure :

$$q' = 3 \times \frac{\pi \times 0,4^2}{4} \times 0,62 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,285} \times 10 \times 3600 = 20000 \text{ litres.}$$

Chaleur transportée par la saumure :

$$20000 \times 1,16 \times 0,77 \times 2 = 35750 \text{ frigories.}$$

Chaleur absorbée par la saumure en une heure de marche :

$$\frac{11000 \times 1,16 \times 0,77 \times 6}{2} = 29500 \text{ frigories.}$$

Chaleur absorbée par la machine en une heure de marche :

$$35750 + 29500 = 65250 \text{ frigories}$$

(non compris les déperditions par les parois du réfrigérant).

Compresseur :

Puissance en chevaux, indiquée au cylindre compresseur :
18 chevaux 95.

Equivalent thermique du travail de compression :
 $18,95 \times 637 = 12050 \text{ calories.}$

En résumé, on a :

Chaleur absorbée au condenseur, à l'heure : $C = 80500 \text{ calories.}$

Chaleur absorbée à l'évaporateur, à l'heure : $A = 65250 \text{ calories.}$

Equivalent thermique du travail de compression : $NiE = 12000 \text{ cal.}$
 $A + NiE = 77250 \text{ calories.}$

L'égalité $C = A + NiE$, constituant le bilan des essais, se vérifie donc à 3250 calories, soit 4,1 % près ; ce qui est une erreur de l'ordre de celles admises dans les essais des machines frigorifiques et qui s'explique parce qu'on n'a pas fait entrer en ligne de compte les échanges de chaleur par les parois du réfrigérant, du condenseur, des tuyauteries, etc.

On peut, par suite, admettre que la puissance frigorifique de la machine n'est pas inférieure à 65250 frigories à l'heure, avec eau de circulation à 10°, et la température de la saumure à la sortie de l'évaporateur variant de 0° à — 6°.

2° Puissance absorbée par les différents appareils.

A. *Compresseurs.* — Les mesures effectuées pour ces appareils sont indiquées ci-avant.

La puissance absorbée aux bornes du moteur a été, en moyenne, de 20 kw 25.

La puissance effective sur l'arbre du compresseur, 16 kw 4.

B. *Pompe à saumure :*

Moteur triphasé, 25 périodes ; ampères, 17 ; volts, 200.

Facteur de puissance (pleine charge) = 0,85.

Rendement du moteur (pleine charge) = 0,82.

Puissance absorbée aux bornes du moteur :

$$17 \times 200 \times \sqrt{3} \times 0,85 = 5 \text{ kw.}$$

Puissance effective du moteur : $5 \times 0,82 = 4,1 \text{ kw.}$

C. Ventilateur des chambres froides :

DÉSIGNATION	AMPÈRES	VOLTS
Chambre n° 11	1,25	200
— 6	1,35	200
— 7	1,20	200
— 8	5,50	200
A reporter	9,30	

DÉSIGNATION	AMPÈRES	VOLTS
Report	9,30	200
Chambre n° 9	7,25	200
— 10	5,00	200
— 3	5,50	200
— 4	5,50	200
— 2	1,25	200
— 5	1,25	200
— 1	5,75	200
Ventilateur de renouvellement d'air	5,80	200
Total	46,60	

Facteur de puissance approximatif des moteurs 0,8
Rendement approximatif des moteurs 0,8

Puissance totale absorbée par les moteurs :

$$46,6 \times 200 \times \sqrt{3} \times 0,8 = 13 \text{ kw.}$$

Puissance effective développée par les moteurs :

$$13 \times 0,8 = 10,4 \text{ kw.}$$

D. *Refroidissement des chambres de l'Entrepôt frigorifique.* — Deux séries d'essais de refroidissement de chambre ont été effectués avec les deux compresseurs fonctionnant séparément. Chacun de ces compresseurs, fonctionnant seul pendant 12 heures par jour, a permis de maintenir dans les chambres les températures inscrites ci-après :

CHAMBRES	TEMPÉRATURES	CHAMBRES	TEMPÉRATURES
Nos 1	0	Nos 7	— 1
2	0	8	— 1
3	0	9	— 1
4	— 5,5	10	— 1
5	— 5,5	11	— 7
6	— 11		

E. PACORET,
Ingénieur des Arts et Métiers.

AGRONOMIE

LES MACHINES AU CONCOURS GÉNÉRAL AGRICOLE DE PARIS

(20 FÉVRIER - 1^{er} MARS 1911)

Nous nous bornerons, dans cet article, à étudier ou signaler les machines nouvelles destinées aux grands domaines et à la culture industrielle ou intensive.

I. — CULTURE MÉCANIQUE.

Si on en juge par le nombre des machines présentées, le problème de la culture et de la traction mécanique préoccupe plus que jamais les constructeurs.

L'instrument le plus intéressant, dans cet ordre d'idées, est le tracteur-treuil Bajac qui a déjà figuré au concours général agricole et que nous avons décrit dans notre compte rendu de l'année dernière (*). La machine était à ce moment à peine terminée et n'avait pas encore été essayée. Les premières expériences ont eu lieu à Liancourt et des essais très complets ont été faits en service courant chez M. Chambaud, agriculteur à Avrigny (Oise).

Voici les principaux chiffres relevés, au cours de ces essais, par M. Ringelmann :

1^o *Consommation sur route.* — a) *De Liancourt à Avrigny.* — Distance : 13 km 600, avec pentes de 0^m,03 à 0^m,05 et montée de 1600 m. Le tracteur, remorquant une charrue-balance à 3 raies pesant 1 100 kg, a fait le trajet en 1 heure 5 minutes en consommant 6^l,500 de benzol :

Vitesse moyenne pratique à l'heure : 12 km 540.

Consommation moyenne de benzol par kilomètre : 0^l,480.

b) *De Liancourt à Avrigny par une autre route.* — Distance : 12 km 650 ; sur 650 m, pente métrique de 0^m,09 à 0^m,12 gravée en troisième vitesse. Le tracteur se déplaçait seul. Durée du trajet : 52 minutes. Consommation en benzol : 5^l,500.

Vitesse moyenne pratique à l'heure : 14 km. 590.

Consommation moyenne de benzol par kilomètre : 0^l,434.

La comparaison des chiffres ci-dessus montre que la consom-

mation kilométrique supplémentaire est de 0^l,046 pour un véhicule de 1 100 kg, soit 0^l,042 par tonne remorquée.

2^o *Constatations du 16 septembre 1910 faites en travail pratique chez M. Chambaud.* — Durée du travail : 7 heures.

Terrain argilo-siliceux avec dépression sur la moitié de sa longueur. On a labouré avec une charrue-balance à 2 raies avec rasettes pesant 910 kg.

Longueur du rayage : 750 m effectués en quatre bonds.

Profondeur du labour : 0^m,35 à 0^m,38.

Largeur totale labourée : 12 mètres

Surface totale labourée en 7 heures : 90 ares.

Consommation totale (7 heures). { Benzol : 40 litres.

{ Huile : 3 litres.

Prix rendu à la ferme { Benzol : 0 fr 25 le litre.

{ Huile : 0 fr 65.

En dix heures, on aurait donc travaillé 1 ha, 28 à une profondeur de 0^m,35 à 0^m,38 en consommant 57 litres de benzol et 4^l,3 d'huile, ce qui, au prix ci-dessus, donne une dépense totale de 17 fr 05, soit 13 fr 32 par hectare, plus 2 hommes : 1 mécanicien au treuil et 1 laboureur.

3^o *Défrichement d'un trèfle en terrain argilo-calcaire avec dépression sur la moitié de la longueur.* — On a labouré avec une charrue-balance à 3 raies avec fortes rasettes pesant 1 100 kg.

Durée du travail : 7 heures.

Longueur du rayage : 700 mètres effectués en quatre bonds.

Profondeur du labour : 0^m,18.

Largeur labourée : 25 mètres.

Surface labourée en 7 heures : 1 hectare 75.

Consommation en 7 heures. { Benzol : 42 litres à 0 fr 25.

{ Huile : 3 litres à 0 fr 65.

En dix heures, on aurait donc labouré 2 ha, 50 en consommant 60 litres de benzol et 4^l,3 d'huile, soit une dépense totale de 17 fr 80 et de 7 fr 13 par hectare, plus deux hommes : 1 mécanicien et 1 laboureur.

Dans la même catégorie d'instruments, M. Landrin expose de

* Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 8 (août 1910), page 433.

nouveau sa *laboureuse à disques rotatifs* signalée aussi dans nos précédents comptes rendus⁽¹⁾. La partie arrière a été renforcée et modifiée de façon à ce qu'il se produise une réaction contre le couple résistant qui, en cours de travail, tend à faire prendre à la machine une position non parallèle à la ligne de labour.

Les autres instruments pour la culture mécanique doivent être considérés comme des modèles d'expérience plutôt que des machines définitives.

Celle de M. Benedetti se compose d'une automobile montée sur de très grandes roues et ayant, à chaque extrémité, des bâtis à bascule portant des corps de charrue destinés à travailler alternativement.

La *charrue à socs percutants* de M. Linard Hubert est une automobile à l'arrière de laquelle sont placés quatre corps de charrue. Chacun d'eux est articulé autour d'un axe horizontal et relié à une bielle, qui lui donne un mouvement alternatif de 0^m,20 de course dans le plan horizontal. Les corps de charrue travaillent l'un après l'autre, de telle sorte qu'un seul agit à la fois.

M. Leroy expose un *camion-treuil automobile*. L'aspect général est celui d'un camion ordinaire, au-dessous duquel sont placés deux treuils à axe vertical recevant des câbles destinés à tirer les instruments de culture. L'un d'eux agit directement sur l'instrument pour l'amener vers le camion-treuil, tandis que le second passe sur une poulie de renvoi et sert pour la traction au retour.

La traction par câble paraît être de plus en plus l'avenir de la culture mécanique. En dehors des services qu'elle peut rendre pour certains travaux particulièrement difficiles, tels que le débardage des betteraves, elle est beaucoup plus économique que les instruments spéciaux et la traction directe.

En se basant sur les chiffres relevés au cours des essais des différents types de machines et sur les communications faites récemment au Congrès de mécanique agricole, M. Ringelmann estime qu'avec l'énergie fournie par 1 litre d'essence, les différents systèmes permettent de labourer les cubes de terre ci-après dans les mêmes conditions de travail et de sol :

5 à 7 m³ avec les systèmes dans lesquels les pièces travaillantes sont animées de mouvements circulaires ou alternatifs;

30 à 35 m³ avec les tracteurs tirant directement les charrues ordinaires;

40 m³ avec les systèmes à treuils de petits diamètres et travaillant avec poulie de renvoi;

70 m³ avec les treuils de grand diamètre tirant directement par câble.

II. — INSTRUMENTS DE RÉCOLTE.

Il y a peu de nouveautés dans cette catégorie de machines. La *Société La France*, fondée récemment, expose les appareils fabriqués dans ses ateliers de Montières-les-Amiens. La faucheuse est une imitation de la Mac Cormick et la lieuse une copie de la Massey Harris.

Dans le *stand Puzenat* se trouvent de nouveaux râteaux-faneurs qui sont un perfectionnement du modèle à décharge latérale du même constructeur.

La *Société du Saut-du-Tarn* présente un râteau avec dispositif spécial de transport sur route. Les roues peuvent à cet effet se placer sur un essieu perpendiculaire au râteau proprement dit. C'est une transformation analogue à celle que l'on effectue dans les semoirs à la volée pour le déplacement dans les chemins étroits ou le passage des barrières. Ce ne sont là en somme que perfectionnements ou modifications.

Dans le *stand Degremont*, se trouve une série de machines à grand travail destinées à l'arrachage des betteraves.

Le décolletage, l'arrachage, le nettoyage des betteraves et leur mise en lignes parallèles sur le sol se font au moyen de deux

machines travaillant l'une après l'autre sur deux, trois ou six rangs à la fois :

1° Le *décolleteur*;

2° L'*arracheur-secoueur*.

Le décolleteur sert, comme son nom l'indique, à couper les queues ou collets de betteraves ; son action est complétée par un balai rotatif, qui repousse les queues en une ligne sur le côté, à la façon des balayeuses des rues.

La machine est constituée (fig. 1) d'une part à l'avant, par un solide bâti en fer profilé, supporté par deux roues pivotantes et directrices par l'intermédiaire d'un dispositif à roue et vis sans fin C et du volant B placé devant le siège du conducteur ; d'autre part, à l'arrière, par un essieu D, tournant dans des paliers graisseurs et portant les deux roues, animées, par le moyen d'une boîte à cliquets, d'un mouvement différentiel destiné à faciliter les virages.

L'essieu est en même temps moteur et actionne, à l'avant, l'arbre F de commande des roues décolleteuses et, à l'arrière, le balai.

L'appareil est monté à l'avant du bâti ; il se compose de roues A, à nervures, animées d'un mouvement de rotation plus rapide, mais de même sens que celui des roues porteuses, ce qui a pour

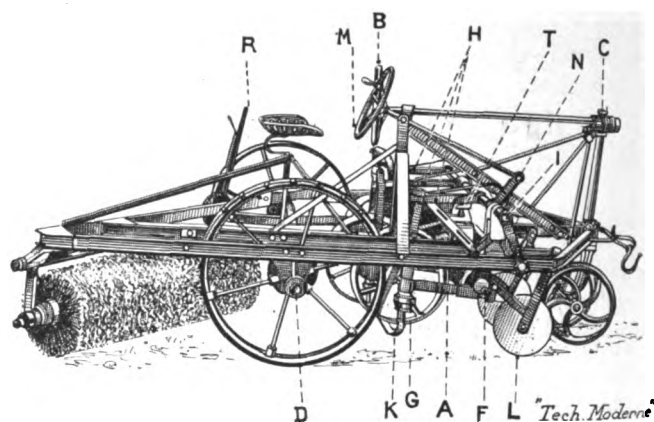


FIG. 1. — Ensemble de la décolleteuse de betteraves à trois rangs (type 1911).

effet d'attirer les feuilles en sens inverse de la poussée des couteaux qui tranchent les collets.

La hauteur des couteaux par rapport à la jante est réglable de façon à obtenir l'épaisseur voulue des collets. Cette épaisseur reste la même, quelles que soient les différences de hauteur des betteraves au-dessus du sol. Ceci est obtenu par un dispositif consistant en trois parallélogrammes articulés FGH supportant chacune des trois roues décolleteuses et leur permettant de se déplacer verticalement avec leur couteau K, en montant sur la tête des betteraves. Le couteau est maintenu par une vis sur une douille montée sur l'essieu de chaque roue.

Les couteaux sont pivotants ; ils peuvent s'effacer dès qu'ils rencontrent un caillou et reprendre leur position normale, dès l'obstacle franchi, sous l'effet d'un ressort antagoniste.

Des disques L sont disposés à l'avant pour frayer le passage et empêcher les feuilles de faire obstruction.

L'ensemble des roues décolleteuses et des disques peut se relever à l'aide de leviers commandés par le volant M. Il en est de même du balai, dont le relevage est assuré par le levier R. Les machines sont réglées pour tout écartement de lignes de betteraves variant entre 0^m,40 et 0^m,45. Le modèle à trois rangs est tiré par deux bœufs.

La construction de l'*arracheur-secoueur* est sensiblement la même que celle du décolleteur en ce qui concerne le châssis, la direction, les roues d'arrière et leur essieu. Cet essieu est également moteur ; il actionne, par une transmission à chaîne, l'arbre F et par son intermédiaire celui du secoueur.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 5 (1909), page 193 et t. II (1910), n° 8, page 452.

Dans le modèle à trois rangs (fig. 2), le dispositif d'arrachage comporte trois paires de socs ou lames, de forme spéciale, portées par une barre pouvant se relever verticalement par le moyen du volant H. Ce dispositif permet, soit de régler l'enterrage des socs, soit de les relever complètement.

Les socs agissent par pression latérale, ce qui permet d'extraire les racines les plus longues sans qu'ils aient besoin d'être enterrés profondément (6 à 8 cm), d'où une traction réduite.

Les betteraves ainsi extraites montent, grâce à la forme spéciale des lames ou socs, jusqu'à l'appareil secoueur, composé de quatre arbres, armés d'étoiles en fils d'acier, tournant dans le même sens. Ces étoiles battent énergiquement les betteraves, font tomber la terre, et les repoussent vers l'arrière, d'où elles sont déposées sur le sol en une ligne parallèle à celle des queues précédemment coupées. Le relevage du secoueur s'opère par le moyen du volant H et solidairement avec le relevage des socs.

La traction de cet instrument nécessite 6 bœufs en culture normale.

Dans des essais effectués du 10 octobre au 10 novembre 1910 chez M. Bailliot, fabricant de sucre à Bucy-les-Pierrepont, on a

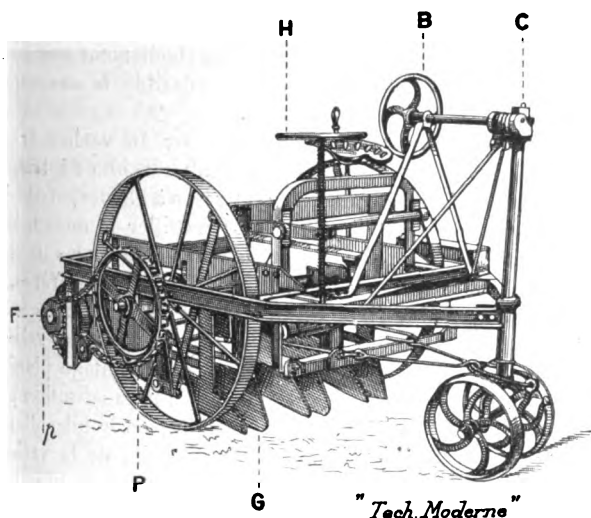


Fig. 2. — Ensemble de l'arracheuse de betteraves à trois rangs (type 1911).

pu extraire d'une façon journalière deux hectares de betteraves avec un bœvier et un conducteur pour chaque machine, 2 bœufs à la décolleteuse et 6 bœufs à l'arracheur.

Après l'arrachage, les lignes de queues et les lignes de betteraves se dégageaient parfaitement sur le champ. Pour le chargement, on a employé deux hommes qui rejetaient les betteraves des lignes 4, 5 et 6 réunies sur celles des lignes 1, 2 et 3, en même temps que les betteraves des lignes 7, 8 et 9 sur celles des lignes 10, 11 et 12. De cette façon, le chariot pouvait facilement passer entre les deux lignes extrêmes et, au moyen de fourches, les deux ouvriers cités précédemment chargeaient les betteraves dans le chariot.

Le décolletage, l'arrachage, le nettoyage et la mise en voiture des betteraves s'effectue donc au moyen de 8 bœufs et de 6 hommes pour une surface de 2 hectares travaillée dans une seule journée.

Cette maison a aussi exposé des machines à 6 rangs, à traction mécanique par câble. Le balai du décolleteur est remplacé par un système d'élévateur et transporteur de feuilles, qui rejettent celles-ci en une seule ligne sur le côté.

III. — MOTEURS.

La maison C. Deutsch expose une locomobile à gaz pauvre, construite par les ateliers de construction du chemin de fer d'Etat hongrois à Budapest.

L'aspect général de cette machine rappelle beaucoup celui des locomobiles ordinaires à vapeur. Elle se compose (fig. 3), à l'arrière, d'une chaudière verticale cylindrique, comprenant le générateur (2) garni intérieurement de terre réfractaire (27), l'évaporisateur (3) et le distributeur d'alimentation (4), surmonté d'un entonnoir de chargement (26).

Sur la face arrière de la chaudière (11) se trouve un ventilateur à main (12) servant à la mise en route. Le générateur est muni d'une cheminée (13), dont la partie inférieure peut être fermée à l'aide d'une glissière (14). On l'ouvre au début pour activer l'allumage, mais aussitôt que la combustion est bien préparée, on ferme cette glissière pour isoler le foyer de l'air extérieur, et les gaz se trouvent dirigés, par le ventilateur, dans les chambres de lavage et d'épuration. Celles-ci sont situées dans un cylindre horizontal qui occupe la même place que la chaudière dans les locomobiles à vapeur.

Le lavage des gaz et leur refroidissement s'opèrent dans deux chambres (6) indépendantes l'une de l'autre et remplies de coke.

Dans ces deux chambres passe un tuyau, muni de trous, qui amène l'eau nécessaire au lavage et au refroidissement. Le gaz passe ensuite dans un troisième compartiment (9), séparé des

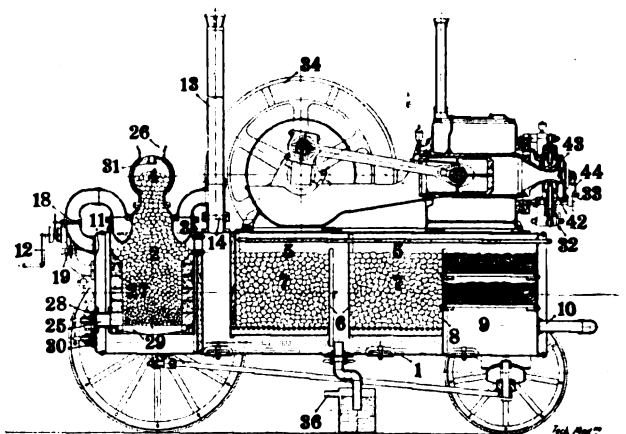


Fig. 3. — Schéma de la locomobile à gaz pauvre.

deux premiers par une chambre (8) et rempli de paille de bois. C'est là que se terminent l'épuration et le refroidissement. Le gaz en sort par un tube (10) qui le conduit au moteur placé au-dessus.

Cette locomobile peut être munie d'une mise en marche automatique par l'air comprimé.

Elle fonctionne indifféremment à l'anthracite, au coke et au charbon de bois.

Dans le stand de la maison Wallut se trouve également une locomobile à gaz pauvre, montée avec le gazogène marque Incomparable et un moteur Hornsby. Ce n'est pas un modèle étudié tout spécialement pour être monté en locomobile comme le précédent, mais bien une petite installation ordinaire montée sur chariot. Nous y trouvons, par conséquent, la même disposition que dans les installations fixes. La locomobile en question est d'ailleurs établie depuis plusieurs années et a maintenant fait ses preuves.

IV. — MOULINS A VENT ET ÉLECTRICITÉ.

La presse agricole a beaucoup parlé depuis quelques mois des installations électriques avec moulin à vent. La maison Hamm a profité du Concours général agricole pour faire une démonstration de ce genre d'installation, qu'elle a non seulement utilisée pour la production de l'éclairage, mais aussi pour actionner divers instruments d'intérieur de ferme.

Le moulin à vent employé est un modèle Samson de 4^m,20 de diamètre pouvant donner de 1 à 3 HP, suivant la vitesse du

vent; il commande un arbre vertical tournant à une vitesse variant de 150 à 350 tours par minute. Sur l'arbre horizontal de la transmission est calée une poulie de 840 mm attaquant par courroie celle de la dynamo.

Cette dynamo a été spécialement construite pour l'éclairage par moulin à vent; c'est une génératrice à courant continu avec auto-excitation compound, bipolaire, collecteur protégé. Elle peut donner une intensité maximum de 40 ampères sous une tension variant de 30 à 40 volts, à la vitesse de 800 à 2400 tours par minute.

Cette dynamo chargeait une batterie d'accumulateurs de 14 éléments Tudor, d'une capacité de 100 ampères-heures à la décharge de 20 ampères en cinq heures. La batterie est capable d'alimenter 50 lampes de 10 bougies à filament métallique, ces lampes étant allumées simultanément pendant cinq heures.

La batterie est pourvue d'éléments, avec connexions spéciales permettant de retirer très facilement un des éléments de la batterie et de le remplacer par un autre sans faire appel à un ouvrier spécialiste.

Le tableau de distribution est aussi simple que possible; il comprend seulement: une lampe témoin, un ampèremètre et un voltmètre apériodiques à cadre, un conjoncteur-disjoncteur polarisé, coupant les courants lorsque la dynamo ne tourne plus et mettant en communication la dynamo et la batterie aussitôt que la vitesse du moulin atteint une certaine valeur. Comme interrupteurs, il n'y avait qu'un interrupteur bipolaire avec un coupe-circuit commandant le circuit de charge et un interrupteur de ligne avec coupe-circuit également.

Dans ce genre d'installation, on peut ajouter un relai télérupteur destiné à couper le circuit shunt des appareils automatiques, lors de l'arrêt de la génératrice.

Il est bon de prévoir des appareils apériodiques à cadre, afin de pouvoir se rendre compte du moment où la dynamo charge la batterie d'accumulateurs. Le voltmètre est aussi à cadre, afin de diminuer, dans la plus grande mesure, la consommation du courant sur la batterie. De même le conjoncteur-disjoncteur se trouve verrouillé par un relais empêchant radicalement toute consommation nuisible de la batterie lors de l'arrêt de la génératrice.

Le réducteur de charge et décharge peut être supprimé dans les petites installations, la régulation se faisant alors par l'adjonction, sur chaque fusible commandant une ou plusieurs lampes, d'une résistance à force contre-électromotrice convenablement calculée. On pourrait aussi remplacer les résistances des lampes par un réducteur automatique sur le tableau, mais le prix du tableau se trouverait de ce fait augmenté considérablement.

V. — MACHINES A TRAIRE.

La traite à la main est à peu près uniquement employée en France, même dans les vacheries les plus importantes. Nous ne connaissons que deux installations de traite mécanique, alors que les machines à traire sont déjà très employées en Angleterre et surtout en Danemark.

Dans les précédents concours généraux agricoles, on a exposé plusieurs fois de petites machines à main qui n'ont eu qu'un succès de curiosité. Nous trouvons cette année pour la première fois des machines étudiées pour les grandes vacheries.

L'installation des *trayeuses* Wallace, présentée par la maison Wallut, comprend tout d'abord un moteur actionnant une pompe à air qui fait le vide dans un réservoir, appelé cloche de vide, en communication avec une tuyauterie en fer étamé installée dans l'étable, au-dessus des crèches.

Des indicateurs de vide sont placés sur cette canalisation pour permettre de contrôler si la dépression se maintient au degré voulu.

Au-dessus de la place de chaque vache, se trouve un branchement servant à faire communiquer la tuyauterie, à l'aide d'un

tuyau de caoutchouc, au seau de la trayeuse où se fait également le vide. Un second tuyau de caoutchouc relie le seau à la trayeuse elle-même. Celle-ci se compose de quatre gobelets trayeurs, qui s'appliquent aux tétines de la vache, et sont reliés à une couronne à laquelle se fixe le tube venant du seau trayeur. La plaque inférieure de cette couronne, chaude ou froide suivant que le lait coule ou non, sert à voir si la traite est terminée.

Le gobelet trayeur est un cylindre en aluminium, dont l'embouchure est protégée par une calotte en caoutchouc pour ne pas blesser le trayon. A l'intérieur de ce cylindre se trouve un manchon en caoutchouc aplati sur trois faces, de façon à laisser des vides entre ces faces et le cylindre. L'intérieur et l'extérieur de ce manchon sont en communication avec un double pulsateur, monté sur une douille en aluminium qui entre dans le manchon. Ces pulsateurs sont de petites pompes à air qui agissent alternativement pour aspirer l'air dans le manchon. Si le lait vient abondamment, les pulsateurs agissent peu et le malaxage est moins énergique. Si le lait vient difficilement, les pulsateurs aspirent et refoulent l'air plus vivement, de telle sorte que la pression du manchon sur la tétine est beaucoup plus énergique.

En somme, les trayeuses agissent à la fois par succion et compression, cette dernière se trouvant plus ou moins forte suivant que l'animal abandonne plus ou moins facilement son lait. On imite donc aussi complètement que possible la succion et le massage qu'effectue le veau qui tète.

On estime qu'il faut une trayeuse par 10 vaches et qu'un moteur de 2 à 3 chevaux suffit pour huit machines à traire. On peut traire, avec une machine, 7 ou 8 vaches à l'heure, et on compte comme personnel un homme pour surveiller le moteur et une personne par 15 à 20 vaches pour placer et enlever les trayeuses.

Dans la *machine à traire Max*, exposée par Guérin frères, nous retrouvons la même disposition comme installation générale, c'est-à-dire un moteur actionnant une pompe à vide, reliée par l'intermédiaire d'un réservoir à vide à un tuyautage placé dans l'étable. Chaque seau ou pot à lait, relié à la canalisation par un tuyau souple, comporte un pulsateur, d'où part le tube allant aux embouchures spéciales qui s'adaptent au pis de la vache. La partie de ce tube qui est immédiatement au-dessous du pulsateur est munie d'un voyant en verre par lequel on voit passer le lait. On peut ainsi suivre la traite et l'arrêter au moment convenable.

Chaque pot à lait sert pour deux animaux à la fois, c'est-à-dire qu'il comporte deux tubes avec leur série d'embouchures; il est à cet effet divisé en deux compartiments pour que le lait des deux animaux ne soit pas mélangé.

On estime qu'on peut traire 44 vaches avec deux machines, en un temps variant de une heure un quart à une heure trois quarts. Un homme suffit pour diriger le tout.

Avant de terminer ce compte rendu, nous tenons à signaler quelques adaptations intéressantes convenant pour les exploitations importantes ou les entrepreneurs.

Dans le stand Simon frères, de Cherbourg, se trouve un *broyeur de pommes combiné avec moteur* à essence. Le tout est monté sur un bâti facilement transportable.

Plusieurs constructeurs présentent des batteuses avec *engrenneur automatique Omnium*, de la maison Guillot, ce qui offre non seulement un gros intérêt au point de vue de la régularité du battage et de l'augmentation de travail, mais évite les accidents qui se produisent si fréquemment lorsqu'on alimente les batteuses à la main.

Nous signalerons en dernier lieu les *ramasseurs-lieurs* et *rateaux-lieurs*, de la maison Pruvot-Candas, dans lesquels l'andain est ramassé par des doigts ou dents de rateaux et élevé sur un plan incliné qui l'amène à un appareil lieur ordinaire à ficelle. L'instrument peut se transformer en lieur pour batteuse.

H. PILLAUD,

Ingénieur-Agronome.

CHIMIE INDUSTRIELLE

LES EXPLOSIFS MODERNES : LES DYNAMITES

La glycérine donne trois sortes de composés nitrés : la mono-, la di- et la trinitro-glycérine. Cette dernière est presque la seule employée, la dinitro venant seulement d'entrer dans la pratique en Allemagne.

I. — Trinitro-glycérine.

La trinitro-glycérine est obtenue par nitration de la glycérine en présence d'acide sulfurique. La glycérine employée, dite « glycérine à dynamite », a une densité variant de 1 263 à 1 265; elle renferme 98,99 % de glycérine anhydre $C^3H^5O^3$, des traces de chlore ou de corps réducteurs; sa coloration va du blond au brun et est due à des corps empyreumatiques en très petite quantité, car on ne constate pas de rendement meilleur avec des glycérines moins teintées que d'autres.

L'acide nitrique employé marque de 46 à 48° B; il ne doit renfermer que des traces de chlore et très peu de vapeurs nitreuses si l'on veut obtenir un bon rendement.

L'acide sulfurique renferme en général au moins 96 % de monohydrate; on augmente ce titre suivant celui de l'acide nitrique employé, de façon que le mélange ait la teneur voulue en eau et acides.

Le mélange des acides sulfurique et nitrique, préalablement pesés et jaugés, se fait d'avance, dans de grandes tonnes en fer qui résistent très bien aux acides concentrés.

On brasse à l'air comprimé le mélange acide, que l'on envoie aux appareils lorsqu'il est refroidi. Par l'ancien procédé de nitration, on fait usage d'une cuve cylindrique en plomb de 10 mm, entourée d'une chemise en bois, et entre les deux on fait circuler de l'eau de réfrigération. Actuellement, on tend à supprimer cette enveloppe extérieure à circulation d'eau. Le couvercle en plomb de l'appareil (fig. 1) est muni de larges regards en verre et d'ouvertures pour laisser passer les extrémités de trois serpentins réfrigérants, de trois tubes d'arrivée d'air comprimé et un thermomètre à longue tige.

La charge d'acide nécessaire à une opération est mise dans l'appareil, dont la capacité est telle qu'il n'est rempli qu'aux trois quarts environ pour permettre un brassage énergique; la température des acides étant tombée à 17° environ, on fait couler la glycérine en mince filet par un trou du couvercle, en réglant son débit de façon que le thermomètre se maintienne entre 25 et 27° pendant toute la durée de la nitration.

Si une décomposition tend à se produire, ce dont on est averti par une production de vapeurs jaunes, et par une élévation de la température, on arrête l'écoulement de la glycérine, on augmente si possible l'arrivée d'eau de réfrigération dans les serpentins, ainsi que le barbotage à l'air comprimé. Si ces moyens ne réussissent pas, il n'y a qu'à ouvrir le gros robinet de décharge R (fig. 2) placé au-dessus d'une grande cuve de noyage C, toujours pleine d'eau, agitée par l'air comprimé. Cette cuve, en bois doublé de plomb, doit contenir assez d'eau pour qu'une charge que l'on y noie n'augmente pas dangereusement sa température.

Le noyage d'une charge est un fait exceptionnel dans une fabrique bien menée; un commencement de décomposition est dangereux, car il peut se poursuivre jusqu'à l'explosion. Il est nécessaire que la glycérine soit tenue, l'hiver, dans un local tiède afin qu'elle reste bien fluide; sans cette précaution, elle coule très mal, augmentant la durée des opérations, et on risque, de plus, de faire couler dans les acides des noyaux épais de glycérine qui, pouvant se diluer et réagir brusquement, occasionnent des nitrations irrégulières avec sautes dangereuses de température.

Une autre cause d'accident pourrait provenir de la rupture d'un des serpentins réfrigérants, l'eau arrivant alors dans le mélange acide et l'échauffant dangereusement; mais si l'eau de réfrigération a une très faible pression, par exemple, si elle est contenue comme l'indique la figure 2 dans un bac A placé presque au niveau supérieur de l'appareil, et si l'on fait aboutir les extrémités de sortie des serpentins à une conduite de décharge xy assez longue, il arrive qu'un serpentin étant percé, il y a plutôt siphonnage du mélange acide que rentrée d'eau. En faisant arriver cette conduite xy dans un petit bac B, on peut y voir les gouttelettes de nitro-glycérine entraînées.

Ces serpentins se percent presque toujours à leur ligne d'émergence de l'acide; aussi, tous les mois environ, on coupe les extrémités des serpentins émergeant de l'acide, sur une longueur de 20 à 25 cm, et on soude des bouts neufs au chalumeau. Cette opération ne se fait qu'après avoir soigneusement lavé le plomb à la soude, à l'eau, à l'alcool méthylique, pour enlever toute trace de nitro-glycérine. Régulièrement aussi, tous les deux ou trois mois, par exemple, on passe une visite minutieuse des serpentins et de l'appareil après avoir enlevé le couvercle.

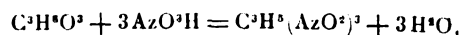
A part ces petites longueurs de serpentins que l'on coupe, le reste dure des années; on voit des enveloppes extérieures d'appareil, en plomb de 8 mm, en service depuis dix ans dans certaines fabriques.

Voici une formule de mélange acide généralement employée :

Acide sulfurique à 97-99 % M. H 255 kg.
Acide nitrique à 93-94 % M. H 145 kg.

ceci pour 50 kg de glycérine à 98-99 %.

Théoriquement, d'après l'équation :



100 de glycérine donnent 246,7 de trinitro; pratiquement, le rendement varie entre 213 et 220.

La nitration étant achevée, on adapte une coulote en plomb au robinet de décharge de l'appareil et on envoie le liquide dans un séparateur (fig. 3, p. 288) en plomb, où, au bout de dix à quinze

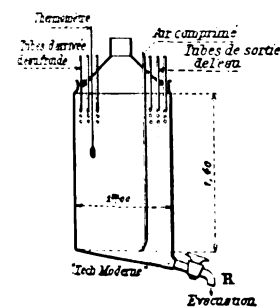


Fig. 1. — Schéma d'un appareil ordinaire (pour 100 kg glycérine).

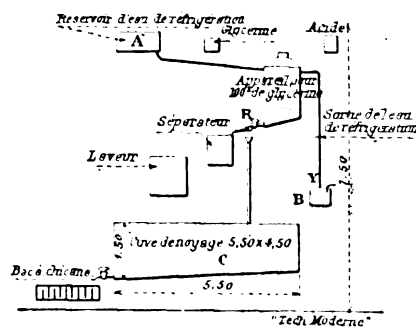


Fig. 2. — Disposition d'un atelier de nitration ordinaire.

minutes, la nitroglycérine surnage en couche huileuse au-dessus des acides; un robinet placé à hauteur convenable, sur ce séparateur, permet d'envoyer la nitroglycérine dans un bac laveur (fig. 2, p. 287), plein d'eau agitée par l'air comprimé. On renouvelle cette eau trois ou quatre fois, pour enlever la majeure partie de l'acide entraîné avec la nitroglycérine. Après ce premier lavage, la nitroglycérine est conduite dans un autre bâtiment où se font les lavages alcalins et la filtration. Les cuves servant aux lavages alcalins sont de simples cylindres en plomb, munis de barboteurs à air

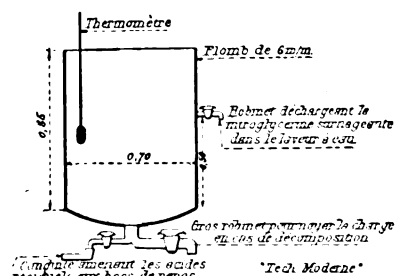


FIG. 3. — Dispositif d'un séparateur pour une opération à 400 kg d'acide et 50 kg de glycérine.

on laisse couler la nitroglycérine dans un entonnoir-filtre, garni d'une couche de sel, ou mieux de feutres. Le filtrage sur sel tend à disparaître, car toujours une portion du produit est dissoute.

Après filtration, la nitroglycérine est transportée, dans des récipients en gutta ou en caoutchouc, aux ateliers de pétrissage, où on l'incorpore aux absorbants divers, dont le mélange donnera les dynamites. Les acides résiduels, provenant de la nitration, sont envoyés des séparateurs à des bacs de repos (fig. 4) pouvant contenir 3 000 à 4 000 kg d'acides. Ces bacs sont en plomb; la nitroglycérine, émulsionnée dans les acides, remonte peu à peu; on fait alors arriver, par le fond des bacs, un peu d'acide sulfurique, ou mieux d'acide résiduaire déjà décanté, provenant d'une opération précédente; la couche huileuse de nitroglycérine surnageante déborde dans une rigole circulaire soudée au haut de l'appareil, et est amenée dans un petit bac où on la lave à l'eau alcaline. Les acides résiduels restent de douze à vingt-quatre heures dans ces bacs de repos, suivant la température, la nitro

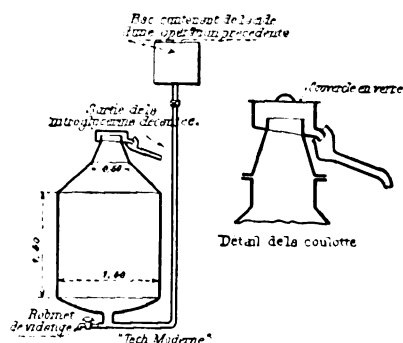


FIG. 4. — Schéma du séparateur à nitroglycérine en plomb de 8 mm d'épaisseur.

se séparant mieux quand la température est plus élevée. L'été, par prudence, on arrose extérieurement ces bacs pour les refroidir. On recueille environ 2 à 3 kg de nitroglycérine pour 2 000 kg d'acides. On a remarqué que, toutes choses égales, les rendements de nitroglycérine étaient généralement meilleurs l'hiver que l'été; c'est que, la température étant plus basse, les opérations se font plus rapidement et dans de meilleures conditions; aussi se sert-on, l'été, d'eau réfrigérée artificiellement si celle dont on dispose n'est pas assez froide. Pour cela aussi, on a été conduit à augmenter la capacité des appareils; la nitration de 50 kg de glycérine dans un petit appareil ordinaire dure vingt à vingt-cinq minutes, alors que la nitration de 100, ou même de 200 kg de glycérine, ne dure guère plus de trente-cinq à quarante minutes dans un grand appareil.

Un nouveau mode de nitration introduit par MM. F. L. Nathan, J. M. Thomson et W. Rintoul, à la fabrique anglaise de Waltham Abbey, vient d'être adopté récemment en France. Les inventeurs

ont constaté que les acides résiduels renfermaient en dissolution environ 3,7 % de nitroglycérine; on aurait donc intérêt à diminuer leur quantité. D'autre part, si l'on cherche la solubilité de la nitroglycérine dans l'acide sulfurique, l'acide nitrique et l'eau, on constate que la composition des acides résiduels comme la donne le mélange précédemment indiqué, est telle, qu'elle correspond au minimum de solubilité de la nitroglycérine dans des mélanges d'acide sulfurique, d'acide azotique et d'eau où l'on ferait varier successivement chacun de ces trois facteurs. Reprenons notre mélange indiqué plus haut pour 100 kg de glycérine :

$$\text{C}^3\text{H}^5\text{O}^3 + \left(\begin{array}{l} \text{SO}^4\text{H}^2 \\ \text{AzO}^3\text{H} \\ \text{H}^2\text{O} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{l} 495 \text{ kg} \\ 270 \\ 35 \end{array} \right) \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{SO}^4\text{H}^2 \\ \text{AzO}^3\text{H} \\ \text{H}^2\text{O} \end{array}} \right\}$$

Glycérine 100 kg + Mélange acide. . . 800 kg

$$= \text{C}^3\text{H}^5(\text{AzO}^3)^3 + \left\{ \begin{array}{l} \text{SO}^4\text{H}^2 \cdot 495 \text{ kg} \text{ soit } 75,56 \% \\ \text{AzO}^3\text{H} \cdot 55 \text{ — } 9,04 \\ \text{H}^2\text{O} \cdot 93,7 \text{ — } 14,50 \end{array} \right\}$$

= Acides résiduels . . . 653,7 kg soit 100,00 %

et formons le mélange suivant :

$$\text{C}^3\text{H}^5\text{O}^3 + \left\{ \begin{array}{l} \text{SO}^4\text{A}^2 \cdot 274,62 \text{ kg} \\ \text{AzO}^3\text{H} \cdot 241,50 \\ \text{H}^2\text{O} \cdot \text{„} \end{array} \right\}$$

Glycérine 100 kg + Mélange acide. . . 516,12 kg

$$= \text{C}^3\text{H}^5(\text{AzO}^3)^3 + \left\{ \begin{array}{l} \text{SO}^4\text{H}^2 \cdot 274,62 \text{ kg} \text{ soit } 75,56 \% \\ \text{AzO}^3\text{H} \cdot 36,12 \text{ — } 9,94 \\ \text{H}^2\text{O} \cdot 58,70 \text{ — } 14,50 \end{array} \right\}$$

= Acides résiduels . . . 369,44 kg soit 100,00 %

On voit qu'en pourcentage la composition des acides résiduels n'a pas varié, mais que leur quantité est passée de 653 kg 7 à 369 kg, 44; donc avec la deuxième formule de mélange on aurait considérablement réduit le poids de nitroglycérine en solution. Pour arriver à ce résultat, il faut employer un mélange nitrant ne renfermant que les monohydrates acide sulfurique et acide azotique sans eau; il est facile d'obtenir un tel mélange en employant des oléums renfermant plus ou moins d'anhydride suivant la teneur en eau de l'acide nitrique employé.

A Waltham Abbey, en employant un rapport acide glycérine égal à 6,1, on a vu le rendement passer de 220 à 229.

L'appareil lui-même a subi des modifications que nous allons décrire.

On voit (fig. 5) que l'on a supprimé tout robinet de grès (sauf celui de noyage qui ne sert qu'accidentellement) pour l'écoulement de la nitro, afin d'éviter le danger résultant des frottements lorsqu'on tourne la clef. On emploie, comme on vient de le dire, des acides

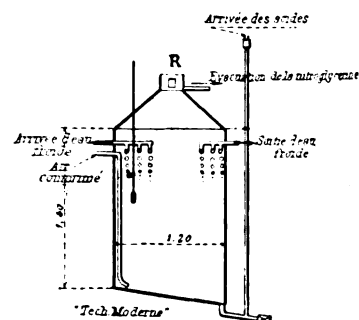


FIG. 5. — Schéma de l'appareil de Waltham Abbey (250 kg de glycérine par opération.)

plus concentrés qu'à l'ordinaire, et dans le rapport de 6 parties pour 1 de glycérine; on peut aller jusqu'à 5,16 à 1, ce qui permet de nitrer, dans un appareil relativement petit, une grande quantité de glycérine à la fois, d'où gain de temps et de manipulations.

L'arrivée du mélange nitrant se fait, comme l'indique la figure 5, par le bas de l'appareil; celui-ci est en plomb de 10 mm comme à l'ordinaire, sans chemise extérieure; il contient trois serpentins réfrigérants en plomb, réunis à un collecteur commun afin de n'avoir qu'un robinet à manœuvrer; le couvercle ne porte pas de regards en verre dont il serait difficile de tenir les joints,

l'appareil étant, à la fin, entièrement rempli d'acide, ainsi que nous le verrons. La glycérine est introduite dans l'acide au moyen d'un injecteur à air comprimé, qui la pulvérise dans le mélange acide brassé à l'air. La nitration est conduite avec un appareil ordinaire comme celle que nous avons décrite; l'opération finie, on laisse la nitroglycérine se rassembler à la surface, et on envoie par le fond de l'appareil de vieux acides résiduels, jusqu'à ce que toute la nitro ait débordé dans une gouttière circulaire (fig. 2, p. 287) fixée au haut de l'appareil, et qui aboutit à un bac de lavage; un regard R en verre, permet de voir la ligne de séparation de la nitroglycérine et de l'acide.

La nitroglycérine enlevée, on ajoute 2 % d'eau au mélange agité; cette dilution est assez faible pour être sans danger, et elle empêche la séparation ultérieure de nitroglycérine en amenant les acides à un titre tel qu'ils maintiennent dissoutes toutes les gouttelettes de nitroglycérine pouvant rester. On peut ainsi conserver ces acides sans danger en attendant leur dénitration, et on supprime du coup les bacs de repos dits à séparation lente, déjà décrits.

Dans ce nouvel appareil, l'acide recouvre entièrement les serpents réfrigérants (fig. 5) : on évite ainsi l'usure de la partie qui émerge dans les appareils ordinaires. Pour la même raison, la dernière opération étant achevée et la nitroglycérine séparée, on laisse les acides résiduels dans l'appareil jusqu'au lendemain, où on fera une nouvelle opération; l'appareil est donc toujours plein d'acide et s'use beaucoup moins. Les lavages et la filtration de la nitro se font comme à l'ordinaire, mais au lieu de robinets de grès, on adapte aux récipients des tubes de caoutchouc que l'on abaisse ou élève à volonté.

Toutes les eaux de la fabrique ayant été en contact avec de la nitroglycérine passent, avant d'être rejetées, dans une série de boîtes rectangulaires en plomb, divisées verticalement par des cloisons en chicane, et qui retiennent les gouttelettes de nitroglycérine entraînées; 4 ou 5 de ces boîtes ayant 1^m,50 de long sur 0^m,50 x 0^m,50 avec 5 chicanes, sont suffisantes pour retenir la nitro entraînée par les eaux de lavage de 1 000 kg de nitroglycérine.

Nous ne décrivons pas les propriétés de la trinitroglycérine, que tout le monde connaît; on sait qu'elle se solidifie à + 8° et que c'est là une source de dangers dans l'emploi des dynamites, l'hiver, parce qu'il est nécessaire de les dégeler avec beaucoup de précautions. On a préconisé divers corps qui, mélangés à la nitroglycérine, abaisseraient son point de solidification; ce sont : les nitrotoluels, les dinitroglycérines, des chlorhydrines, des nitrochloroglycérines, du dinitroglycol, qui donnent des résultats intéressants, sans abaisser par trop la force de l'explosif.

Nous avons dit que, pour obtenir une dynamite, on ajoutait un corps ou un mélange de corps en poudre, explosif ou non, à la trinitroglycérine, de façon à l'absorber. On a essayé une foule de corps : nitrates, charbons, celluloses, farines, goudrons, sables, silices, liège, chlorates, graisses, etc. Nous donnons plus loin quelques formules types, qui sont les plus employées.

On a aussi essayé la poudre d'aluminium qui, ajoutée à un mélange de nitrates et de nitroglycérine, en augmentait la puissance par la température élevée causée par la formation d'alumine, mais les poudres que nous avons observées, faites de nitrate d'ammoniaque, aluminium et nitro, se conservaient assez mal, l'aluminium finissant par s'oxyder, surtout s'il est en poudre impalpable, la force de l'explosif variait avec le temps; d'autre part, il revenait assez cher.

L'incorporation des divers absorbants se fait dans des pétrins à main ou mécaniques. On connaît les pétrins mécaniques genre Werner Pfeiderer; ceux à main sont, comme forme, analogues à ceux des boulangers, mais ils sont en plomb, et à double enveloppe, permettant le chauffage à l'eau chaude.

Si du coton nitré, coton à 11,7 % d'azote, doit entrer dans la formule de la dynamite, la première opération de l'incorporation consiste à dissoudre le coton dans la nitroglycérine, et, s'il y a lieu, on ajoute ensuite les autres poudres.

Prenons, par exemple, la fabrication de la gomme dynamite renfermant 92 % de nitroglycérine et 8 % de coton. On constate qu'il est préférable de laisser les deux corps en contact pendant quinze ou vingt minutes à froid, dans le pétrin, puis de monter la température à 60° et de pétrir durant une demi-heure à trois quarts d'heure la masse, comme de la pâte à pain; on laisse enfin reposer quelque temps pour laisser la gélatinisation s'achever, et l'on refroidit finalement le pétrin par un courant d'eau froide dans la double enveloppe, de façon que la pâte durcisse peu à peu, jusqu'à prendre la consistance d'une gomme élastique, jaune, transparente, que l'on enlève et porte aux cartoucheries.

Si on ajoutait le coton dans la nitroglycérine préalablement chauffée, on pourrait remarquer une dissolution plus difficile, car le coton, quoique tamisé, renferme des boulettes plus ou moins serrées, dont la surface se gélatinise instantanément dans la nitro tiède, rendant par suite impossible l'imprégnation du centre; on voit alors dans la gomme des points blancs de coton non dissous.

L'encartouchage des dynamites se fait à la machine. Les boudineuses en bronze, à hélice, mues à la main ou par transmission, servent pour les dynamites plastiques. Une machine de la dimension de celle de la figure 6 permet d'encartoucher 360 kg de gomme dynamite par dix heures avec deux ouvrières, l'une tournant la machine, l'autre roulant du papier autour des boudins de gomme qui sortent. La partie A porte-tubes de la machine se change à volonté suivant le diamètre des cartouches à obtenir.

L'hélice doit être inclinée sur l'axe afin de mordre et presser fortement la matière en avant; certaines machines à axe normal ont un débit moindre; la gomme très élastique ayant tendance à remonter est mal entraînée.

Pour les explosifs pulvérulents, on se sert de boudins à main en bois dur (gaïac) avec lesquels on bourre la poudre dans de petits cylindres de papier.

On emploie aussi la machine (fig. 7) dont une ouvrière manœuvre le levier à petits coups de haut en bas, ou dont la tige est mue par un excentrique commandé. Mue à la main, cette machine permet d'encartoucher 350 kg de dynamite n° 1 (nitroglycérine 75, guhr 25) par jour.

Un autre type de machine pour poudres pulvérulentes est celle de Baeyer (fig. 8, p. 290).

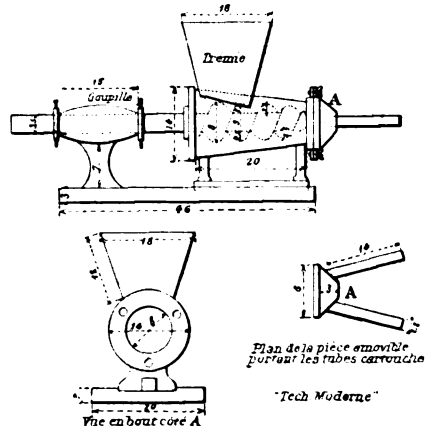


FIG. 6. — Schéma d'une machine à encartoucher la gomme ou le gélatiné. (Toutes les pièces sont en bronze.)

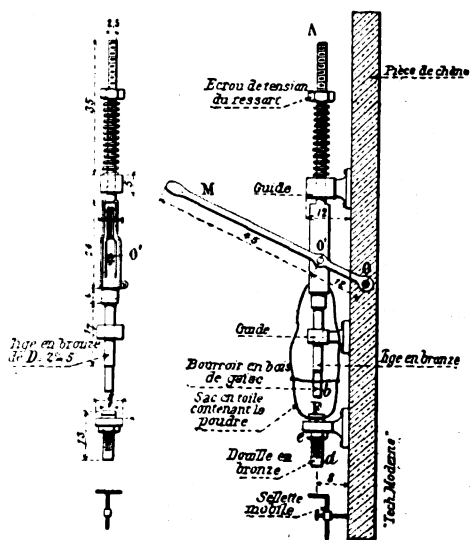


FIG. 7. — Dispositif d'une machines à encartoucher les matières pulvérulentes. (Toutes les pièces sont en bronze.)

Elle comprend une hélice en fer, changeable suivant le diamètre des cartouches à obtenir; cette hélice comprime la poudre dans le tube B sur lequel on enfle une douille de papier, qui, à mesure qu'elle se remplit, pousse un butoir C fixé à la glissière G, et tendu par le poids P. Lorsque la douille pleine de poudre a la longueur voulue, le taquet réglé préalablement vient buter en M en déclanchant le levier L qui actionne le manchon d'embrayage, ce qui provoque l'arrêt de la machine. L'ouvrière enlève la car-

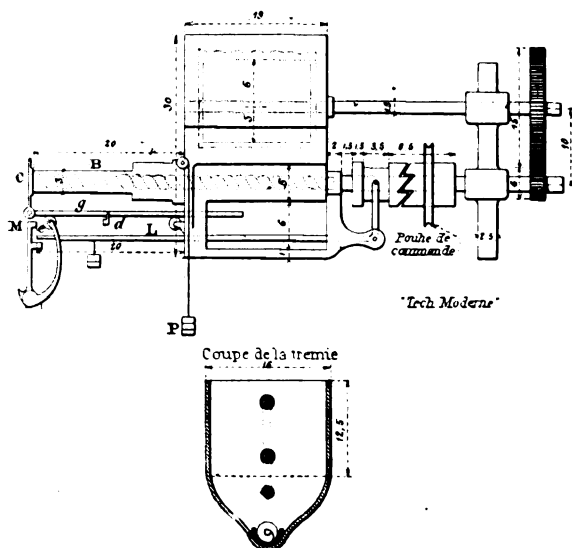
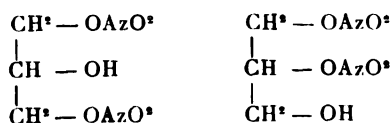


FIG. 8. — Dispositif de la machine de Baeyer à encartoucher les dynamites pulvérulentes (pouvant encartoucher environ 170 kg de grisoutine par jour).

toucher pleine, remet une douille de papier autour du tube B; le butoir C revient en place grâce au poids P: il suffit alors de remettre le levier L sur l'ergot C pour que la machine embrayée se remette en route. L'hélice en fer étant assez longue doit être vérifiée soigneusement pour éviter qu'elle se torde, occasionnant des frottements dangereux.

II. — Dinitroglycérines.

Ces corps ont été récemment préparés par le D^r Mikolajzak de Castrop; ils ont été étudiés aussi par Will qui a isolé les deux dinitro possibles :



l'une solide, l'autre liquide.

La première préparation indiquée (*Dynamit actien Gesellschaft*; Will) se fait au moyen d'un mélange sulfo-nitrique (SO^*H^* , 67,5 %; AzO^*H^* , 22,5 %; H^*O , 10 %), dont on prend 500 parties pour 100 parties de glycérine. Après nitration et noyage dans une grande quantité d'eau de façon à maintenir la dinitro formée en solution, on sépare ensuite les gouttes de trinitro insoluble qui s'est formée en même temps, enfin on épuise à l'éther l'eau renfermant la dinitro dissoute, et l'on évapore cet éther; cette préparation ne donne qu'un très faible rendement et n'est pas employable industriellement. En employant la préparation de Mikolajzak que nous indiquons, on obtient un corps ne se solidifiant qu'à basse température, et le rendement atteint 155 % de la glycérine employée. On se sert d'acide nitrique à 93-96 % de M. H. et de glycérine à dyna-

mite ordinaire; cet acide nitrique doit être exempt de vapeurs nitreuses; on le refroidit à 0° dans un mélange réfrigérant et on le brasse énergiquement à l'air comprimé sec pendant qu'on y fait couler la glycérine.

On emploie 1 partie de glycérine pour 3 parties 1/2 d'acide nitrique. On verse la glycérine assez vite pour que la température atteigne rapidement 20° et s'y maintienne.

On obtient ainsi un liquide jaune, limpide que l'on abandonne au moins six heures dans un endroit frais pour que la température ne dépasse pas 20°. La mononitroglycérine d'abord formée, se transforme en dinitroglycérine restant en solution. Pour la séparer, on ajoute un peu d'eau au mélange refroidi, et on neutralise peu à peu l'excès d'acide par addition de calcaire pur sans laisser la température dépasser 20° ou 25°. A mesure que se fait la neutralisation, la dinitro se sépare et surnage en couche hui-

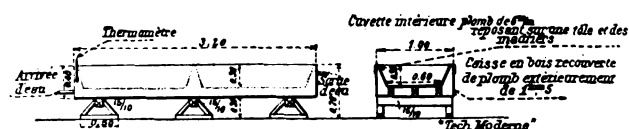


FIG. 9. — Schéma du pétrin double à dynamite (contenance : 100 kg de gomme dans chaque compartiment).

leuse que l'on enlève et lave. Les eaux de lavage dissolvant de la dinitroglycérine (8 %), on les fait resservir méthodiquement, de façon que les premiers lavages emploient de l'eau déjà saturée de dinitro. Le nitrate de chaux provenant de la neutralisation de l'acide est vendu tel ou transformé en nitrate d'ammoniaque par double décomposition.

Le point important est d'employer de l'acide nitrique bien débarrassé de vapeurs nitreuses, pour éviter une décomposition, mais nous ferons remarquer qu'en ce cas il n'y a pas explosion comme cela aurait lieu avec la trinitroglycérine. Au laboratoire, même en opérant sur 1 kg de glycérine, il n'y a jamais eu, en cas de décomposition, qu'un bouillonnement tumultueux avec grand dégagement de vapeurs nitreuses.

La dinitroglycérine ainsi obtenue est une huile jaune, de saveur sucrée, densité 1,52, occasionnant des maux de tête comme la trinitroglycérine. Elle est moins sensible au choc que cette dernière. Si, dans un tube de verre étiré à capillarité, on fait monter quelques gouttes de trinitroglycérine et qu'on ferme un des bouts

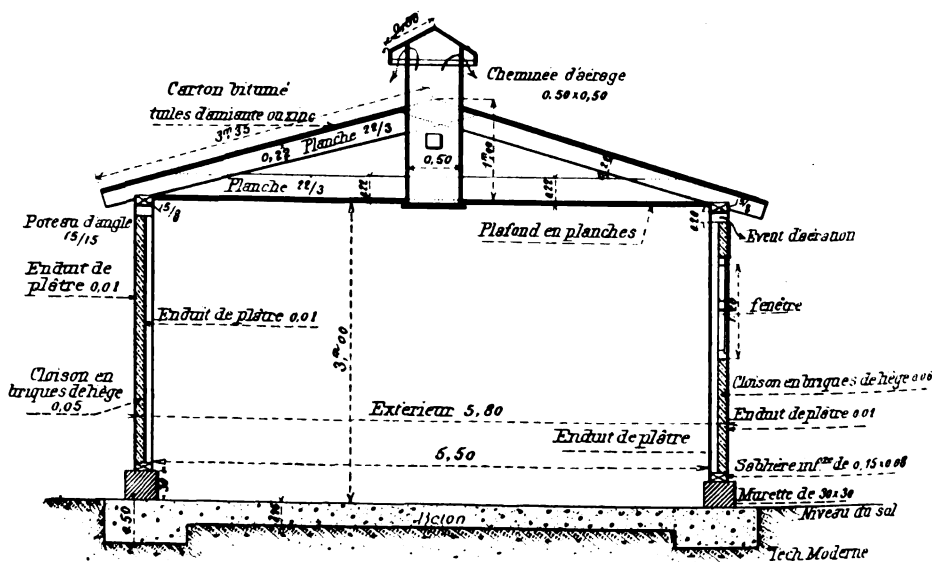
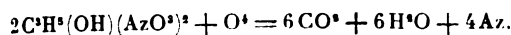


FIG. 10. — Bâtiment de dynamiterie : pétrissage, filtrage ou cartoucherie.

à la lampe, en présentant ensuite l'extrémité ouverte à la flamme, il y a forte détonation. Avec la dinitroglycérine dans les mêmes conditions, il y a simple combustion, et le tube fond sans qu'il y ait détonation.

La dinitroglycérine exige de l'oxygène pour sa combustion complète :



Elle est moins puissante que la trinitro. La propriété la plus remarquable est la facilité avec laquelle elle gélatinise, même à froid, de grandes quantités de coton nitré. On peut, avec elle, obtenir directement, sans solvant intermédiaire, des composés ayant 60 à 75 % de coton nitré. Au point de vue de la puissance, voici les résultats obtenus au bloc de plomb par comparaison avec différentes dynamites :

		CAPACITÉ au bloc de plomb
Trinitroglycérine	93	600 cm ³ .
Coton poudre	7	
Dinitroglycérine	93	440 cm ³ .
Coton poudre	7	
Gélatiné	Trinitroglycérine	57,5
	Coton poudre	2,5
	Cellulose	8
	Nitrate potasse	32
Trémonite al- lemande	Dinitroglycérine	57,5
	Coton poudre	2,5
	Cellulose	8
	Nitrate de potasse	32

ESSAIS DES DYNAMITES. — La nitroglycérine est soumise à des épreuves de chaleur pour vérifier sa stabilité; la plus employée est celle dite du test d'Abel : On fait bouillir dix minutes, en agitant 3 g d'amidon pur dans 260 cm³ d'eau distillée, on ajoute après cela une solution de 1 g d'iodure de potassium pur dans 260 cm³ d'eau.

C'est dans cette liqueur que l'on trempe des bandelettes de papier filtre de 3 cm de long sur 1/2 cm de large, et que l'on laisse sécher à l'obscurité. Pour faire un essai, on met 3 à 4 g du corps dans un tube à essai, fermé par un bouchon, traversé par un petit crochet de verre, portant suspendue une des bandelettes de papier ioduré, dont on a humecté un des angles avec une goutte de glycérine pure à 50 % d'eau. On chauffe le tube au bain-marie à 65°, et, s'il se dégage du corps des vapeurs nitreuses, elles viennent marquer un trait sur le bord humide du papier ioduré. On estime que cette coloration ne doit pas apparaître avant 15 minutes pour que l'explosif soit déclaré stable. En Allemagne, on préfère l'iodure de zinc à l'iodure de potassium. Certains corps, tels que le chlorure de mercure (HgCl²), masquent la réaction d'Abel.

On fait encore des essais en tirant 10 g de dynamite dans un mortier, et en mesurant la distance à laquelle le boulet est projeté. On essaye enfin la sensibilité au choc, au moyen du mouton, mais il faut prendre garde qu'à chaque explosion sous le mouton, les surfaces de choc s'écrasent, et qu'il est difficile d'obtenir le même choc, des mêmes surfaces, dans une série d'expériences.

Un autre essai, rendu international, est celui du bloc de Trauzl. On prend des cylindres de plomb de 200 mm de diamètre et

200 mm de haut; on y fore une cavité cylindrique suivant l'axe, de 125 mm de profondeur et 25 mm de diamètre; on y introduit une cartouche de 25 mm de diamètre faite de 10 g d'explosif enroulés dans une feuille de papier d'étain, et amorcé par un détonateur électrique à 1 g de fulminate pur. Le reste de la cavité est rempli de sable fin, sec, et non tassé. Après détonation, on nettoie la cavité formée, et on mesure son volume en y versant l'eau contenue dans un vase jaugé. Du volume trouvé, on retranche le volume initial de la cavité. Voici quelques chiffres obtenus avec certaines dynamites courantes :

		VOLUME OBTENU
Nitroglycérine	75	346 cm ³
Gühr	25	
Nitroglycérine	92	576 cm ³
Coton nitré	8	
Nitroglycérine	57	346 cm ³
Coton nitré	3	
Nitrate soude	34	213 cm ³
Farine de bois torréfiée	4	
Farine de blé torréfiée	2	190 cm ³
Nitroglycérine	11,75	
Coton nitré	0,24	190 cm ³
Nitrate d'ammoniaque	88	
Nitroglycérine	22	190 cm ³
Charbon	12	
Nitrate de soude	66	190 cm ³

Nous donnons (fig. 12, p. 290) une forme de bâtiment généralement employée dans les fabriques d'explosifs, fait en matériaux très légers, pour limiter les dégâts en cas d'explosion. On fait les murs en briques de liège ou en double paroi de planches. Ces bâtiments doivent être chauffés en hiver par un radiateur isolé par une très fine toile métallique. Le sol est cimenté ou macadamisé et recouvert de sciure dans les endroits où on ne manipule pas d'acides.

Nous terminerons par un aperçu du prix de revient. On a vu que 100 kg de glycérine à dynamite ajoutés à 510 kg d'acide sulfurique à 99 % MH et 290 kg d'acide nitrique à 48° B donnent 220 kg de nitroglycérine, en pratique, et laissent 653 kg d'acides résiduels, d'où :

100 kg de glycérine	(cours actuel)	240 fr »
290 kg d'acide nitrique à 48°		150 fr 80
510 kg d'acide sulfurique à 99 %		40 fr 80
		431 fr 60
A retrancher le prix de 653 kg d'acides résiduels		26 fr 60
Prix des 220 kg de nitroglycérine		405 fr »

Soit 1 fr 84 le kilogramme. A cela, il faut ajouter l'impôt qui atteint presque le prix de revient pour certaines dynamites.

L. OTTENDAHL,
Ingénieur chimiste,
Ex-chimiste à la Société Générale de Dynamite
et à la Société Française des Explosifs.

CHIMIE INDUSTRIELLE

L'INDUSTRIE DE LA SAVONNERIE⁽¹⁾

(Suite.)

Aujourd'hui que l'emploi des sodes caustiques solides ou en lessives concentrées et du carbonate de soude à l'ammoniaque

permet d'obtenir aisément des lessives concentrées riches en soude caustique, la cuisson peut s'opérer en une seule opération ou tout au plus en deux lorsque la quantité de matières traitées est considérable, et que le maintien des services multiples doit être regardé comme une tradition surannée.

Quoi qu'il en soit, l'addition de lessive caustique à la masse

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 3, p. 162; n° 4, p. 221; n° 5, p. 292; n° 6, p. 352; n° 7, p. 407; n° 8, p. 447; n° 9, p. 488; n° 10, p. 554; n° 12, p. 694, et t. III (1911), n° 1, p. 31, et n° 3, p. 361.

en ébullition doit être continuée jusqu'à ce que la concentration de la lessive, au lieu de diminuer par l'ébullition (ce qui indique que la soude est absorbée par la matière grasse restant à saponifier), se maintienne, puis augmente. A partir de ce moment, l'aspect de la pâte se modifie; la couleur se fonce, le grain devient plus serré, plus dense et l'ébullition, qui se faisait sans effort, devient plus tumultueuse; l'odeur qui rappelait celle des matières grasses change et devient celle de la lessive elle-même. Coulée sur une surface froide, la pâte se solidifie en abandonnant sa lessive, et, appuyée sur la langue, elle laisse une sensation piquante, brûlante, très nette, indiquant la présence d'un excès de soude caustique. Enfin, un échantillon de pâte, pressé entre les doigts dès que sa température le permet, s'écaille en feuillets minces, secs, durs et friables.

Ces divers caractères réunis permettent de considérer la cuisson comme finie et d'arrêter l'ébullition. Au repos, le savon se sépare de la lessive et forme, à la partie supérieure, une masse opaque, grenue, renfermant de 70 à 75 % de savon pur; la lessive est soutirée et, comme elle renferme encore de la soude caustique, elle rentre dans la fabrication sous le nom de *lessive de recuit* pour servir à commencer la cuisson d'une autre opération.

Liquidation. — Le savon cuit, complètement saponifié, resté dans le chaudron, représente une pâte épaisse, opaque, colorée, formée de grains sans cohésion, se solidifiant rapidement en masse poreuse, dure, mais friable. La composition de cette masse dépendant de la lessive de laquelle elle s'est séparée, elle renferme un excès de soude caustique et de sels étrangers (carbonate, chlorure, sulfate, etc., de sodium).

Le savon brut ainsi obtenu serait naturellement inutilisable sous cette forme, tant par suite de son aspect, que de sa consistance, de sa texture et de son alcalinité. La liquidation a justement pour objet de le dépouiller de l'excès d'alcali et des autres matières étrangères, telles que les sels, les substances colorantes et autres impuretés qui y sont retenues, de façon à le transformer en produit commercial de couleur, de consistance et de texture convenables, aussi exempt que possible d'excès d'alcali.

Cette épuration se réalise en ajoutant peu à peu, à la masse cuite, de la lessive faible ou de l'eau pure, de façon à baisser la concentration de la lessive dans laquelle flottent les grains de savons. Comme le savon et la lessive qui l'environnent forment un système en équilibre modifiable à chaque instant, à chaque modification dans la composition de la lessive, le savon prend une composition correspondante et, à chaque affusion de lessive faible ou d'eau entraînant l'abaissement de la concentration de la lessive, le savon voit son hydratation augmenter, mais sa teneur en éléments alcalins ou salins (soude caustique, carbonate de sodium, chlorure de sodium, etc.) diminuer. La dilution de la lessive augmentant, les grains de savon gonflent de plus en plus et commencent à se dissoudre dans la lessive; ils tendent peu à peu à s'agglomérer et finalement forment, avec la lessive, une masse d'apparence homogène, pâte plus ou moins épaisse dans laquelle on ne distingue plus ni lessive ni grains de savon. Ce point atteint constitue le terme de la liquidation. Le système étant en équilibre à la température où s'opère celle-ci, si la température s'abaisse, l'équilibre est détruit et les solutions colloïdales de savons étant moins stables à froid qu'à chaud, la masse abandonne de la lessive tenant ou non du savon en dissolution et il se sépare un savon plus stable qui peut constituer un savon commercial s'il a une stabilité suffisante pour se solidifier, se prendre en masse par refroidissement sans nouvelle séparation de lessive.

Si la liquidation est poussée trop loin, au delà du point où les grains de savons et la lessive sont confondus, la solution formée devenant trop stable du fait de la dilution de la lessive, trop peu chargée en éléments salins ou électrolytes, il peut arriver qu'au

refroidissement, aucune séparation ne s'effectue et que la masse reste homogène; on obtient alors un savon comparable aux savons d'empâtage que nous avons déjà décrits, retenant toute la lessive et par conséquent l'excès d'alcali caustique, les sels alcalins et les autres impuretés; le but de la liquidation est donc manqué et l'opération ainsi conduite est à reprendre.

Il faut encore indiquer que, si la dilution de la lessive est poussée trop loin et que la teneur en alcali (caustique et carbonaté) descende au-dessous d'une certaine valeur, le savon est hydrolysé en acides gras et soude caustique, ce qui conduit à l'obtention de savons de consistance molle, supportant mal l'augmentation et rancissant facilement. Il importe donc de contrôler la composition de la lessive pendant la liquidation, afin de ne pas la diluer au point d'hydrolyser le savon; ce point est d'ailleurs variable avec la nature des acides gras constituant le savon, ainsi qu'on l'a vu précédemment.

La liquidation peut être conduite de différentes façons et arrêtée à divers points, et ce sont ces variantes qui donnent naissance aux différents savons de relargage ou de liquidation que l'on a précédemment définis.

Tout d'abord, la liquidation peut être arrêtée avant le point où au point où les grains de savons gonflés sont près de s'agglomérer et de se dissoudre dans la lessive; l'équilibre d'un tel système est naturellement peu stable, en raison de la concentration élevée de la lessive, et au moindre abaissement de température, la séparation du savon et de la lessive s'opère, et elle se continue jusqu'à ce que le savon ait atteint la température de solidification; on obtient ainsi les *savons liquidés sur lessive*.

L'absorption saline étant fonction de la composition de la lessive, les savons sur lessive renferment naturellement un excès notable de soude caustique et de sels étrangers; l'absorption dépendant en outre de la température, le savon est d'autant plus chargé en soude caustique et en sels divers que la séparation de la lessive et du savon et la solidification de celui-ci se sont faites à température plus basse.

La séparation du savon et de la lessive ne s'effectue pas absolument sans laisser de traces dans la masse de savon solidifiée et elle se manifeste par des veines ou filets colorés, plus ou moins apparents, indiquant le drainage de la lessive à travers la masse de savon en voie de solidification; selon qu'on s'efforce de réaliser ou non les conditions propres à rendre ces veines apparentes, on obtiendra des savons d'aspect homogène, *unicolores* ou des savons d'aspect hétérogène, *marbrés*.

Si la liquidation se fait à l'ébullition et qu'on abandonne ensuite la masse au repos et au refroidissement, la lessive et le savon en équilibre instable à la température d'ébullition, en raison de la concentration de la lessive, se séparent rapidement en donnant successivement naissance à des systèmes de plus en plus stables à mesure que la température s'abaisse. Le départ de la lessive s'effectuant rapidement dans une masse très chaude, très fluide, laisse peu ou pas de traces dans la masse de savon et celle-ci, solidifiée, est à peu près homogène et de couleur uniforme. D'ailleurs, pour réaliser un savon parfaitement homogène et unicolore, dès que la séparation de la lessive et du savon est jugée suffisamment complète, la stabilité du système assez grande pour que le refroidissement amène la prise en masse du savon sans nouvelle séparation de lessive, on isole la masse de savon de la lessive et on la coule en l'agitant pour la rendre homogène. C'est ainsi que s'obtiennent les *savons unicolores sur lessive*; d'après ce que nous avons vu, ce sont de tous les savons sur lessive les moins chargés en alcali caustique et en sels divers, puisque leur séparation de la lessive s'est faite à température relativement élevée.

(A suivre.)

E. BONToux,

Ingenieur Chimiste (E. C. I. L.)
des Etablissements Rocca, Tassy et de Roux
et de la Société Anonyme
des Savonneries de la Méditerranée.

NOTICE BIOGRAPHIQUE DU CAPITAINE TARRON

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

La Technique Moderne vient de perdre un brillant collaborateur : le capitaine Tarron, dont elle publiera prochainement un mémoire remarquable. Nous nous faisons un devoir d'insérer la notice biographique suivante, qu'a bien voulu rédiger M. le commandant Renaud; elle montre quelle estime le brillant officier inspirait à ses supérieurs.

Le capitaine du génie Tarron, du Laboratoire d'Aéronautique militaire de Chalais-Meudon, qui a si malheureusement trouvé la mort dans une terrible chute d'aéroplane à Villacoublay, le 18 avril dernier, était né à Dijon le 16 janvier 1878.

Entré à l'âge de 18 ans (en octobre 1896) à l'Ecole Polytechnique, il était sous-lieutenant en 1898 et lieutenant en 1900, à Grenoble. C'est là qu'il inventa son système de ponts de campagne pour le franchissement des torrents et la réparation des grandes brèches, qui est maintenant réglementaire dans l'armée des Alpes, sous le nom de pont Tarron.

Puis en Guinée Française, de janvier 1902 au mois d'octobre 1903, il travaille à la construction du chemin de fer de Konakry au Niger, sous les ordres du gouverneur des colonies Salles, ancien officier du Génie, qui a conservé le meilleur souvenir de son activité et de sa compétence.

Capitaine en 1904, il passe quelques années dans l'état-major particulier à Toulon, où il exécute d'importants travaux de casernement. Il entre au Laboratoire de Chalais en janvier 1910.

Parmi les études traitées de façon remarquable par cet officier de grande valeur, on peut citer des recherches sur les moyens de destruction des ballons ennemis, des travaux sur les hélices

aériennes, sur les causes d'accidents d'aéroplanes⁽¹⁾. Il a fait breveter un système de hangar démontable pour aéroplanes, et un dispositif de stabilisation automatique complète de ces appareils.

Le capitaine Tarron n'était pas seulement un savant théoricien, il excellait aussi dans la réalisation pratique et dans la mise en expérience des engins de sa conception.

En vue d'acquérir une parfaite connaissance des machines volantes et de leur tenue dans l'air, et de se préparer ainsi à la mise en essai d'appareils de sécurité, il avait demandé et obtenu, en octobre 1910, l'autorisation de recevoir l'instruction d'élève pilote d'aéroplane. Il était breveté en décembre 1910, et depuis cette époque n'avait pas cessé de s'exercer avec le biplan mis à sa disposition. Il avait ainsi acquis une grande habitude de l'air, et c'était pour la confirmer qu'il avait entrepris plusieurs excursions de plus en plus étendues, et, en dernier lieu, le voyage de Villacoublay à Orléans et retour, qui s'est malheureusement terminé de façon si tragique.

Le capitaine Tarron était, dans toute l'acception du terme, un homme de sport, entraîné aux exercices physiques de montagne, excellent cavalier, conduisant habilement une motocyclette puissante.

Officier de premier ordre, ingénieur remarquable, aviateur déjà très habile, il tenait une place importante au Laboratoire d'Aéronautique militaire, où il laissera d'ineffaçables souvenirs et de profonds regrets.

Commandant RENAUD,

Chef du Laboratoire d'Aéronautique militaire.



CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER

Le XVI^e Congrès international de tramways et de chemins de fer d'intérêt local (Bruxelles, 6-11 septembre 1910).

(Suite et fin¹.)

LIGNES AÉRIENNES. — La suspension des fils de trolley se fait presque exclusivement au moyen de fils d'acier galvanisé. Les fils de trolley eux-mêmes sont à profils divers; le profil rond est le plus employé. Un grand inconvénient du fil rond réside dans

la nécessité où l'on se trouve d'utiliser des pinces à souder ou des pinces à serrer. Ces pinces, qui dépassent la moitié de la hauteur du fil, occasionnent un choc à l'appareil de prise de courant lors du passage des voitures et empêchent ainsi un roulement doux sur le fil.

L'effort exercé par l'appareil de prise de courant sur le fil est en général de 4 à 5 kg.

La flèche des fils de trolley ne doit pas être trop grande, car il se produit dans ce cas des creux de matage avant les points d'attache. En ce qui concerne la dimension des pièces, la pince longue doit être préférée à la pince courte.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 2 (février 1911), p. 98; n° 3 (mars 1911), p. 172, et n° 4 (avril 1911), p. 229.

(1) C'est ce dernier mémoire inédit qui sera publié prochainement par *La Technique Moderne*.

Enfin, pour l'attache des fils, les compagnies sont unanimes à attribuer de grands avantages à la fixation du fil par serrage.

Les produits les plus divers sont employés pour l'isolement des lignes aériennes : l'ébonite, l'eisengummi, l'ambröine, la thénacé-tite, la fibre, la porcelaine, etc.

Enfin, l'on a constaté l'usure ondulatoire des fils de trolleys aux endroits où :

1° Par suite d'une grande accélération de vitesse, le frottement entre l'appareil de prise de courant et le fil est soumis à de continuelles variations ;

2° Le fil de trolley, par suite d'un assujétissement particulier, possède une grande rigidité (sous les ponts, tunnels, etc.) ;

3° La roulette, par défaut de graissage, ne se meut pas uniformément sur le fil ;

4° Par suite de jeu des rails ou de défauts des surfaces de roulement de ceux-ci, la voiture et l'appareil de prise de courant sont soumis à des vibrations.

RÉSULTATS OBTENUS PAR L'EMPLOI DE COMPTEURS DE COURANT SUR LES VOITURES. — M. Battes, directeur des tramways municipaux de Francfort-sur-Mein, un des rapporteurs de la question, estime que les derniers résultats acquis ne peuvent que confirmer les conclusions établies à Munich, en 1908, et qui étaient les suivantes :

1° Dans les exploitations de faible importance, une bonne surveillance de la ligne peut tenir lieu de contrôle par compteurs ;

2° Le contrôle de la consommation de courant au moyen de compteurs placés dans les voitures se recommande pour toute exploitation de quelque importance ;

3° Ce contrôle sera d'autant plus nécessaire que le service sera plus compliqué, car les conditions dans lesquelles le service se fait dans les grandes villes, au milieu d'une circulation intense, qui occasionne des arrêts fréquents, exigent du wattman, à tous les instants, une parfaite attention et une bonne volonté continue. Or, si par faute de compteur son service échappe à tout contrôle, il s'ensuivra des dépenses de courant exagérées ;

4° Le contrôle est réalisable par l'emploi de compteurs wattmètres, de compteurs ampère-heure-mètres et de compteurs horaires ;

5° Comme le contrôle ne vise pas à déterminer la consommation absolue d'énergie, les compteurs horaires seront suffisants. Ils doivent être préférés, car ils sont simples, sûrs et bon marché ;

6° Les travaux de bureau nécessaires à la mise en valeur des résultats donnés par les compteurs peuvent être organisés d'une façon simple et peu coûteuse ;

7° L'allocation de primes d'économie aux wattmen n'est pas en général recommandable.

M. Bouton, dans son rapport sur la même question, examine surtout les caractéristiques des différents compteurs susceptibles d'être employés et les cas d'espèces où l'un ou l'autre de ces compteurs doit être recommandé.

L'application du contrôle qui doit être recommandé à tous les points de vue, dit-il, comporte deux solutions : avec la première, l'exploitant, en vue d'obtenir de chaque wattman la consommation d'énergie la plus faible, met en jeu l'intérêt des agents en répartissant, parmi les plus habiles, certains avantages pécuniaires proportionnels aux résultats obtenus par chacun d'eux et en ayant même recours aux mesures répressives pour les autres. Dans ce cas, il faut mesurer, aussi exactement que possible, l'énergie consommée, et il y a lieu d'adopter le compteur wattmètre ou le compteur ampère-heure-mètre.

Avec la seconde solution, l'exploitant cherche à obtenir une manière de conduire uniforme des différents wattmen. Le compteur horaire est alors à recommander, il sera d'ailleurs utilement complété par une surveillance qui devra être d'autant plus active que le personnel est moins consciencieux. Cette deuxième solution sera avantageuse dans le cas où la surveillance

des lignes est facile, le prix de revient de l'énergie faible, la consommation de courant relativement peu importante, etc.

En ce qui concerne le choix des appareils mêmes, les compteurs wattmètres n'ont pas encore donné une satisfaction suffisante aux compagnies qui les ont utilisés pour que leur emploi puisse être préconisé. L'emploi des compteurs ampère-heure-mètres et des compteurs horaires, par contre, est à recommander.

Fernand DUBAR,

Ingenieur des Arts et Manufactures.

Emploi de turbines à vapeur sur les locomotives.

L'adaptation des turbines à vapeur aux locomotives est étudiée par un groupe d'ingénieurs à Milan. On a construit, pour faire les essais, une turbine spéciale comportant un distributeur dans lequel la vapeur se détend pour passer de la pression qu'elle possède dans la turbine à celle qui règne dans l'enveloppe de cette turbine. Ce distributeur est suivi de quatre jeux d'aubes mobiles. La vapeur à faible vitesse, guidée par les aubes directrices placées entre chaque paire d'aubes motrices, rencontre successivement toutes les aubes motrices. Si la vitesse est élevée, la vapeur ne frappe que le premier groupe d'aubes, tandis qu'aux vitesses réduites deux ou trois groupes d'aubes sont actionnés directement. (*Bulletin du Congrès international des Chemins de fer*, I. 11.)

Le changement de marche est assuré par un dispositif comprenant deux jeux d'aubes courbés en sens inverse dont sont munies les roues porteuses. Quand la locomotive marche dans un certain sens, la vapeur entre par les aubes d'une roue et s'échappe par l'autre roue ; le trajet inverse s'effectue dans la marche en sens contraire.

Cette turbine fut mise à l'essai sur une locomotive comportant une chaudière de 65 m² de surface de chauffe produisant de la vapeur à 9 kg. La locomotive avait deux essieux moteurs, la turbine possédait une puissance de 100 chevaux environ.

Ces essais démontrèrent que :

1° L'on pouvait atteindre, avec la turbine, des vitesses très élevées ; 2° L'on pouvait éviter complètement les oscillations ; 3° L'on faisait des économies de graissage ; 4° L'on obtenait une meilleure utilisation du combustible ; 5° Les frais d'entretien étaient moindres et la conduite de la locomotive plus facile ; 6° Enfin tous les aléas inhérents au renversement de la marche étaient éliminés.

F. D.

CHIMIE INDUSTRIELLE

L'eau pulvérisée dans les chambres de plomb.

La fabrication de l'acide sulfurique par le procédé des chambres de plomb a subi, depuis quelques années, de notables perfectionnements. L'un des plus intéressants a été la substitution de l'eau pulvérisée à la vapeur employée depuis 1774, date à laquelle de La Folie introduisit cette amélioration qui rendit industriel le procédé des chambres.

On sait que la tour de Glover fournit au système une quantité d'eau assez considérable provenant de la concentration qui s'effectue dans cet appareil, mais cette quantité est insuffisante, et l'on doit se servir de vapeur vive produite par une chaudière annexée à l'installation. Sous forme de vapeur, l'eau est très apte à se mélanger aux gaz en réaction, parce qu'elle est finement pulvérisée. C'est pour cette raison que, pendant fort longtemps, on ne songea pas à modifier le procédé. D'ailleurs, la question de l'introduction de l'eau à l'état liquide était intimement liée à la découverte de bons pulvérisateurs pratiques, découverte qui n'a été réalisée que depuis peu.

La concurrence suscitée par le procédé à l'anhydride (procédé

par contact) obligea les industriels à augmenter la production de leurs appareils qui, peu à peu, s'éleva par mètre cube à 5 kg d'acide à 53° B par vingt-quatre heures. On éprouva, par la suite, de grandes difficultés à dépasser ce chiffre, car la température élevée de la masse gazeuse causait une usure rapide du plomb et une grande consommation d'acide nitrique.

La température élevée des chambres de plomb provient de trois sources : le calorique apporté par les gaz des fours, celui que la vapeur amène, et la chaleur produite par les réactions, cette dernière étant de beaucoup la plus considérable. Le remplacement de la vapeur par l'eau liquide à un état de division extrême devait entraîner deux avantages immédiats : la vapeur apporte dans les chambres sa haute température, mais son plus grave inconvénient résulte de sa condensation partielle qui libère une grande quantité de calories. L'emploi de l'eau liquide supprime de fait ces désagréments. Il y a plus : l'eau introduite dans les chambres sous forme d'un brouillard ténu se vaporise en partie ; la chaleur nécessaire à cette vaporisation est empruntée aux gaz dont la température s'abaisse.

C'est donc par l'usage de l'eau pulvérisée que l'on peut indirectement diminuer la température des réactions qui se passent dans les chambres de plomb, d'où découle un triple avantage : économie d'acide nitrique, usure plus lente du plomb, possibilité d'augmenter la production des appareils. Citons, comme corollaire, l'économie très sensible réalisée sur le charbon, puisque les frais de vaporisation n'existent plus.

Les deux types de pulvérisateurs les plus employés sont ceux de Benker et de Koerting.

Le pulvérisateur de Benker se compose d'un tube ayant une de ses extrémités évasée. Un ajutage, dont le fond est percé d'une ouverture centrale, se visse au moyen d'un filetage sur l'autre extrémité du tube. A l'intérieur de celui-ci se trouve une tige effilée, pourvue sur sa surface d'un filet spiraliforme. L'ensemble présente l'aspect d'une vis dont une extrémité est effilée et dont l'autre est terminée par une pointe située derrière l'ouverture centrale, mais à une certaine distance. Le pulvérisateur est fixé au bout d'un tuyau amenant l'eau sous pression. Cette dernière, en pénétrant dans l'instrument, vient se briser contre la pointe et suit la spirale en prenant alors un mouvement très rapide de giration. A sa sortie par l'ouverture centrale, le jet liquide s'épanouit brusquement sous la forme d'un brouillard léger.

Le nettoyage est très simple : on démonte l'appareil en dévissant la tête, ce qui permet de retirer la vis. Ce pulvérisateur marche bien. Il offre cependant le défaut inhérent au métal qui le constitue : il est cher. De plus, au bout d'un certain temps, sous l'influence du jet d'eau, le platine subit des modifications de structure qui amènent une usure appréciable.

Le pulvérisateur Koerting est basé sur le même principe que le précédent. Il se compose d'un tube en plomb antimoné renfermant un petit tuyau en verre, allongé en une pointe coupée franc pour permettre à l'eau de sortir sous forme de cône régulier. L'ouverture doit avoir de 4 à 8 dixièmes de millimètre de diamètre, suivant le débit (de 10 à 30 litres à l'heure). Un mastic spécial consolide le tuyau en verre qui, de cette façon, résiste facilement à la pression. A l'intérieur du tube en plomb antimoné, se trouve une spirale de même composition qui dirige le tourbillon d'eau sur le tuyau de verre. Ce type de pulvérisateur s'use plus rapidement que le précédent ; en le dévissant souvent pour le nettoyer, on risque d'abîmer le pas de vis, le plomb antimoné ayant le désagrément d'être très cassant. Néanmoins, il est d'un excellent usage, car, très bon marché, il permet le remplacement fréquent des pièces avariées.

Pour pulvériser l'eau, il faut nécessairement la soumettre à une assez forte pression. Pour exercer cette pression, on a essayé tout d'abord l'emploi de la vapeur. Ce procédé avait le désavantage de ne pas permettre la suppression totale de cet agent ; de plus, la baisse de pression aux chaudières se traduisait par une

mauvaise pulvérisation. Nous connaissons cependant une installation qui marche, de cette façon, moyennant certaines modifications : la vapeur employée est celle qui provient de l'échappement du compresseur fournissant l'air aux monte-acides. On s'est arrangé pour faire tourner cette machine toujours à la même vitesse et produire ainsi une pression constante. Les inconvénients signalés plus haut sont donc supprimés.

La plupart des fabricants ont adopté un dispositif différent. Une petite pompe à marche continue refoule l'eau dans un réservoir et y maintient une pression de 4 kg à 5 kg environ. De ce réservoir partent les tuyaux qui aboutissent aux pulvérisateurs. Sur le trajet sont intercalés des filtres à éponges ou à sable destinés à retenir les impuretés de l'eau, impuretés qui jouent un grand rôle dans le mauvais fonctionnement des pulvérisateurs lorsqu'elles arrivent à s'y glisser. Deux cas peuvent alors se présenter : le trou de sortie se bouche complètement et l'instrument s'arrête, ou bien le trou est obstrué partiellement et, au lieu de s'épanouir en brouillard, l'eau sortira sous la forme d'un jet direct produisant dans la marche des chambres des troubles graves. L'acide sulfurique est alors dilué et les produits nitreux sont transformés en acide nitrique qui attaque le plomb.

La théorie d'Abraham relative à la circulation des gaz dans les chambres indique nettement l'emplacement à donner aux pulvérisateurs. Abraham suppose que, dans les chambres, il existe un double courant : l'un descendant le long des parois (refroidissement des gaz, d'où augmentation de leur densité), et l'autre ascendant dans le plan de l'axe longitudinal (le réchauffement dû aux réactions diminuant la densité) ; il y aurait en même temps avancement progressif des gaz vers la sortie : il s'agirait d'un mouvement hélicoïdal. Si l'on admet cette théorie, — et la pratique semble bien en confirmer la justesse, — il est logique de placer les pulvérisateurs dans le ciel des chambres, de telle manière que le brouillard descendant soit soutenu en quelque sorte par le mouvement ascendant des gaz, ce qui donne à l'eau le temps de se transformer en vapeur et permet ainsi le mélange intime. Les pulvérisateurs sont donc placés sur une seule ligne dans l'axe longitudinal. Cette disposition procurant les meilleurs résultats a été adoptée à peu près partout.

DANS QUELLES LIMITES L'EAU PULVÉRISÉE EST-ELLE UTILE ? DANS QUELLES LIMITES EST-ELLE NÉCESSAIRE ? — Nous avons déjà dit qu'actuellement les fabricants tendaient à faire produire à leurs chambres une quantité d'acide très considérable par mètre cube. Quelques installations étant restées en arrière du progrès, on peut admettre qu'une production de 5 kg à 53° B est une marche modérée : au-dessus, il s'agit d'une production intensive ; au-dessous, d'une marche ralentie.

MARCHE RALENTIE. — L'usage de la vapeur est obligatoire au moins pendant l'hiver, car, en cette saison, la température des chambres est basse, même en tête, et les réactions s'accompliraient difficilement si l'on employait l'eau pulvérisée. Pour fixer les idées, voici les degrés centigrades réalisés dans un système produisant de 3 kg à 4 kg, composé d'une première chambre de 2800 m³ d'une deuxième de 1800 m³, et enfin d'une dernière chambre (tambour) de 400 m³ :

SYSTÈME DE 5 000 m³. (Production : de 15 à 20 tonnes d'acide à 53° B.)

1 ^{re} CHAMBRE		2 ^e CHAMBRE		3 ^e CHAMBRE
1 ^{er} témoin	2 ^e témoin	1 ^{er} témoin	2 ^e témoin	témoin
a). Température extérieure : 10° C (moyenne d'hiver).				
60 à 65° C	55 à 60°	35 à 40°	33 à 37°	20 à 25°
b). Température extérieure : 30° C (moyenne d'été).				
75 à 80° C	72 à 76°	55 à 58°	52 à 55°	38 à 40°

On peut compter que l'eau pulvérisée abaisse la température de 10 à 15° C. Ainsi dans le premier cas (a), la tem-

pérature de la première chambre pourra descendre à 45° C. Or, dans cette chambre, c'est la limite minimum pour un bon fonctionnement. Il suffirait que la température baissât de 1° ou 2° pour amener l'arrêt partiel des réactions. Il est inutile de faire remarquer que, dans la deuxième chambre, il serait impossible de remplacer la vapeur par l'eau. (Dans la troisième chambre, en marche normale, il est de règle de n'introduire ni eau ni vapeur.)

Pendant l'été (b), dans la première et la deuxième chambre, la pulvérisation pourrait être utile, mais une température de 80° en tête n'est pas exagérée, et le remplacement de la vapeur par l'eau ne saurait être vivement conseillé. On ferait simplement l'économie de vaporisation. Par contre, on aurait les inconvénients inhérents aux pulvérisateurs : degrés Baumé faibles dans la deuxième chambre par suite du manque de chaleur, surveillance attentive du fonctionnement des tuyères. Quant à l'économie d'acide nitrique, elle est nulle, ainsi que nous avons pu nous en rendre compte tant par nous-même que par les renseignements fournis de divers côtés.

MARCHE MODÉRÉE. — La production est d'environ 5 kg. On pourra se faire une idée des températures, en supposant relevées de 10 à 15° C celles obtenues dans le cas de la marche ralentie. Il est évident qu'ici l'introduction d'eau pulvérisée sera des plus utiles, surtout l'été. L'hiver, les résultats seront moins satisfaisants, et il arrivera certains moments où on devra faire usage, au moins partiellement, de vapeur.

MARCHE INTENSIVE. — C'est le cas où la pulvérisation produit ses meilleurs effets. Sans elle, la production n'aurait jamais pu pratiquement dépasser 5 kg ou 6 kg ; avec elle, le rendement par mètre cube atteint 7 kg ou 8 kg ; on peut même aller au delà de 10 kg, ce qui semble cependant un peu dangereux pour la sécurité du plomb.

Si l'on adopte cette marche, les températures sont les suivantes :

SYSTÈME DE 5 000 m³. (Production : 35 à 40 tonnes d'acide à 53° B.)

1 ^{re} CHAMBRE		2 ^e CHAMBRE		3 ^e CHAMBRE
1 ^{er} témoin	2 ^e témoin	1 ^{er} témoin	2 ^e témoin	témoin

a). Température extérieure : 10° C.

1^o Alimentation avec la vapeur.

90 à 95° C	85 à 90°	60 à 65°	57 à 63°	30 à 35°
------------	----------	----------	----------	----------

2^o Alimentation avec l'eau pulvérisée.

70 à 75° C	67 à 71°	45 à 50°	43 à 48°	20 à 25°
------------	----------	----------	----------	----------

b). Température extérieure : 30° C.

1^o Alimentation avec la vapeur.

105 à 110° C	100 à 105°	75 à 80°	72 à 77°	55 à 60°
--------------	------------	----------	----------	----------

2^o Alimentation avec l'eau pulvérisée.

80 à 85° C	77 à 82°	55 à 60°	51 à 56°	45 à 50°
------------	----------	----------	----------	----------

Avec l'eau pulvérisée, on obtient donc, en été, des températures plus basses qu'en hiver avec la vapeur. Cet abaissement de température entrave l'usure du plomb, dont l'attaque est d'autant plus forte que la chaleur est plus élevée.

La consommation d'acide nitrique diminue-t-elle réellement et dans quelles proportions ? Dans la marche intensive, il y a certainement une économie considérable : environ le tiers ou le quart suivant les appareils.

L'épargne des frais de vaporisation est loin d'être négligeable. Pour la calculer, nous supposons deux appareils semblables de 5 000 m³, l'un à marche ralentie fabriquant 20 tonnes et l'autre à marche intensive produisant 40 tonnes. Nous tiendrons compte de ce fait que, dans la plupart des usines, la batterie de chaudières produit pendant le jour de la vapeur pour des multiples usages (force motrice de l'usine entière, concentration de liquides, etc.). Par conséquent, le chauffeur de jour ne peut être supprimé.

La tour de Glover abandonnant au premier système 3 000 kg d'eau et 6 000 kg au deuxième par vingt-quatre heures, il sera nécessaire de fournir à l'un 7 000 kg et à l'autre 14 000 kg de vapeur ou d'eau liquide. Dans le premier cas, la dépense en charbon sera d'au moins 1 000 kg ; dans le second, elle atteindra le double.

MARCHE RALENTIE. (Production : 20 tonnes à 53° B.)

1^o Alimentation avec vapeur pendant 360 jours :

360 tonnes à 25 fr la tonne	9 000 fr
---------------------------------------	----------

1 chauffeur de nuit	1 800
-------------------------------	-------

Total	10 800 fr
-----------------	-----------

2^o Alimentation avec vapeur pendant 180 jours.

180 tonnes à 25 fr la tonne	4 500 fr
---------------------------------------	----------

Chauffeur de nuit (180 jours)	900
---	-----

Avec l'eau pulvérisée pendant 180 jours	0
---	---

Total	5 400 fr
-----------------	----------

Économie : 10 800 — 5 400 = 5 400 : 7 centimes pour 100 kg d'acide.

MARCHE INTENSIVE. (Production : 40 tonnes d'acide à 53° B.)

Alimentation avec vapeur pendant 360 jours :

720 tonnes de charbon à 25 fr la tonne	18 000 fr
--	-----------

1 chauffeur de nuit	1 800
-------------------------------	-------

Économie réalisée par l'emploi d'eau pulvérisée	19 800 fr
---	-----------

Économie pour 100 kg d'acide : 14 centimes.

La force motrice nécessaire au fonctionnement de la petite pompe étant insignifiante (au maximum un quart de cheval dans le premier cas et un demi-cheval dans le second) nous n'en faisons pas état.

Un autre avantage de la pulvérisation que nous ne pouvons passer sous silence est la suppression des irrégularités de pression dues aux chaudières. De ces dernières, les variations de marche se transmettent aux chambres, souvent sans que le surveillant s'en aperçoive immédiatement. Avec l'eau pulvérisée, le débit est toujours constant. Il suffit de vérifier de temps en temps que les pulvérisateurs fonctionnent normalement.

En résumé, l'eau pulvérisée, en se substituant à la vapeur, procure de grands avantages. Elle a permis un abaissement sensible du prix de revient de l'acide sulfurique des chambres de plomb et a facilité ainsi la continuation de la lutte de l'ancien procédé contre le nouveau.

Charles GAZEL,

Ingénieur-chimiste,
Licencié ès sciences.

Récupération de l'ammoniaque des gaz de houille et purification de ceux-ci par le procédé de Burkheiser.

La production annuelle en sulfate d'ammonium des fours à coke, dans le district de Dortmund, s'est élevée à 200 000 tonnes d'après la dernière statistique. Ce sel, qui a une grande valeur, grâce à son emploi en agriculture, est obtenu par combinaison de l'ammoniaque retiré des gaz de houille avec l'acide sulfurique acheté à l'industrie chimique. Pour 1 tonne de sel, il faut 1 tonne environ d'acide à 25 marks (31 fr 25). Le district minier de Dortmund consomme donc annuellement 5 millions de marks d'acide (6 250 000 fr). Ce qui fait l'intérêt du procédé Burkheiser, c'est que l'on supprime cette consommation d'acide, en combinant directement l'ammoniaque au soufre que contient la houille. (Glückhauf, 4.II.11.)

Le caractère pratique de ce procédé paraît être démontré par des essais et par le succès d'une installation récente. On a reconnu que les charbons westphaliens contenaient un excès de soufre, par rapport à la quantité nécessaire pour fixer l'azote de la houille.

La teneur des gaz en hydrogène sulfuré oscille, d'après les chiffres communiqués par différentes mines, entre 4 gr et 15 gr par mètre cube de gaz, et la teneur en ammoniacque, entre 5 gr et 10 gr. De manière générale, on admet que, lorsque le charbon a une teneur moyenne de 1,5 % de soufre, on peut se passer de l'acide sulfurique. L'hydrogène sulfuré superflu du gaz s'échappe à l'état d'anhydride sulfureux. C'est à l'état d'anhydride sulfureux que l'on combine le soufre de la houille à l'azote. On obtient non pas un sulfate, mais un sulfite d'ammoniaque. Il est démontré que ce dernier sel a, comme engrais, un pouvoir actif de 10 % supérieur à celui du sulfate. Il sera donc avantageux de vendre directement à l'agriculture le sel de Burkheiser. Toutefois, en attendant que son emploi se soit généralisé, on peut transformer à peu de frais le sel de Burkheiser en sulfate d'ammoniaque ordinaire, par un procédé d'oxydation exigeant un matériel simple et peu coûteux.

Le gaz sortant des fours à coke subit d'abord les opérations de purification ordinaires : séparation du goudron, distillation des eaux ammoniacales et traitement de celles-ci par un lait de chaux.

Le gaz brut, contenant le soufre à l'état d'hydrogène sulfuré et l'azote à l'état d'ammoniaque et de cyanogène, est envoyé ensuite dans l'épurateur chimique, formé de deux appareils *a*, *b* montés en parallèle. Le gaz brut traverse seulement l'un d'eux, *a*. Il se forme des sulfures et des cyanures de fer par fixation du soufre et du cyanogène sur l'oxyde de fer des appareils. Le gaz ne renfermant plus que l'ammoniaque passe dans des scrubbers où il est en contact intime avec des solutions de plus en plus acides. Tout l'ammoniaque est retenu. La solution mère neutralisée est débarrassée du sel d'ammoniaque dans un appareil centrifuge.

La solution acide est produite par dissolution d'anhydride sulfureux. L'anhydride sulfureux est obtenu en partant des combinaisons sulfurées du fer qui se forment dans l'appareil de purification chimique. Dans la caisse *b* conjuguée de la caisse *a*, on lance un courant d'air dans des conditions déterminées, lequel oxyde si vivement les combinaisons sulfurées du fer, qu'il se forme de l'acide sulfureux et que l'oxyde de fer est régénéré.

Pour que l'oxydation se produise, il faut préalablement chauffer la matière à 80°, par un courant de vapeur, et maintenir ensuite la température à 250°. On procède à des inversions périodiques des purificateurs *a* et *b*.

Le procédé est appliqué depuis peu avec succès à l'usine à gaz de Berlin et sera étendu rapidement aux installations de fours à coke de Westphalie. On compte, par tonne de sel d'ammoniaque, sur une dépense de 5 marks (6 fr 25) (au lieu de 25 marks, rien que pour l'achat de l'acide sulfurique). Le procédé a donc une réelle importance industrielle. On a, d'autre part, l'avantage d'avoir un gaz parfaitement débarrassé de l'hydrogène sulfuré.

C.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

La « direction » des machines d'extraction : moteurs de laminoirs et de centrales à courants triphasés.

M. Hoffmann a exposé au Congrès de Dusseldorf, non pas un type déterminé de mécanisme, mais bien un *principe mécanique* qui doit apporter, en bien des cas de la pratique, une solution aussi simple que précise.

Remarquons tout d'abord avec l'auteur que l'expression « diriger (ou gouverner) une machine d'extraction » n'est pas jusqu'ici usuelle. On *commande* une machine d'extraction. Cependant, cette expression inusitée est choisie à dessein pour caractériser un mode spécial de conduite.

Dans le mode ordinaire, le levier de commande est toujours écarté de sa position moyenne et ramené à cette dernière, tandis que, dans la *direction*, on peut passer d'une position extrême à l'autre. De plus, le levier de manœuvre, dans la commande ordi-

naire (abstraction faite de la commande Léonard), doit être déplacé de façon très différente suivant l'importance de la charge ou suivant qu'elle doit être élevée ou descendue ; dans la *direction*, le mouvement du levier de manœuvre est indépendant de la charge. La machine d'extraction suit, dans le même sens et d'après une loi analogue, le déplacement de ce levier.

Cette méthode n'est d'ailleurs pas étrangère à la construction mécanique. Dans les servo-moteurs, le piston se déplace comme le levier de manœuvre. Dans la commande différentielle Davey des machines d'exhaure à colonne, un piston à cataracte dirige le piston de la machine. Toutefois, il ne s'agit, dans ces cas, que de direction grossière.

Le principe, extrêmement simple, sur lequel repose la direction des machines est que le mouvement directeur et le mouvement commandé doivent agir ensemble de telle façon que, s'il n'y a pas concordance, il en résulte un choc qui agit sur la transmission de la force à la machine commandée.

Par l'application de ce principe à la conduite des machines d'extraction, à la commande des laminoirs réversibles, etc., on obtient des résultats surprenants. La machine d'extraction à vapeur ou à courant triphasé, qu'elle soit à moteur à induction ou à double collecteur, est aussi sûre, avec le dispositif de direction, que la machine à courant continu avec la commande Léonard. Les dispositifs spéciaux de sécurité, destinés à agir uniquement en cas de besoin, sont inutiles et le mécanicien a constamment sa machine dans la main.

Voici un exemple de dispositif s'appliquant aux machines

d'extraction et permettant une direction de précision (fig. 1). Le mouvement directeur est relié au mouvement « conduit » de la machine de manière que, lorsqu'il y a discordance entre eux, le pivot du levier de manœuvre se déplace. Mais ce déplacement n'agit pas immédiatement ici sur les organes de distribution ou de commande de la machine d'extraction ; il opère sur un tiroir de distribution d'un cylindre auxiliaire, sorte de servo-moteur dont le double piston actionne la commande de la machine d'extraction. Lorsque celle-ci a obéi au levier de manœuvre, l'équilibre de déplacement du tiroir de manœuvre et d'un organe actionné par la machine même se trouve rétabli, et persiste tant que ces deux organes sont mus à la même vitesse ou, plus exactement, dans le même rapport de vitesse. Ici, l'organe actionné par la machine et auquel est attelée l'extrémité inférieure du levier de manœuvre est un écrou mobile le long d'un arbre fileté, lequel reçoit son mouvement de la machine par engrenage conique. Les positions extrêmes de cet écrou correspondent à celles de la cage dans le puits, et chaque position intermédiaire se rapporte à une position de la cage le long de sa course.

Le principal avantage de ce mode de direction est l'extrême sécurité de la commande. Il ne peut y avoir ni faux départ ni dépassement de la position finale de la cage. Si, par accident, le mécanicien vient à lâcher son levier de manœuvre, ce qui aurait des conséquences funestes avec une commande ordinaire, le tiroir du cylindre auxiliaire se ferme automatiquement par le mouvement de l'écrou relié au levier de manœuvre, et la cage d'extraction s'arrête d'elle-même, avec la machine, dans la position correspondant à celle du levier au moment où le mécanicien l'a abandonné. Il n'est donc plus besoin de dispositifs de sécurité, ainsi qu'on l'a dit plus haut.

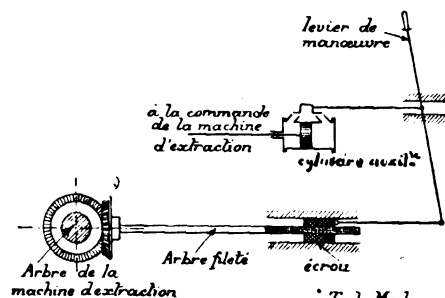


FIG. 1. — Mécanisme de direction d'une machine d'extraction.

La figure 2 représente l'application du même principe à un laminoir par un appareil de direction rotatif. Cette application est extrêmement simple. L'extrémité d'un arbre commandé par la machine est filetée et porte un écrou mobile contrôlant la distribution du moteur. Des ressorts à boudin sont intercalés entre cet écrou mobile et un plateau calé sur l'arbre. Cette figure montre clairement que, si le volant reçoit une certaine vitesse angulaire par rapport à l'arbre commandé, la distribution est modifiée, dans un

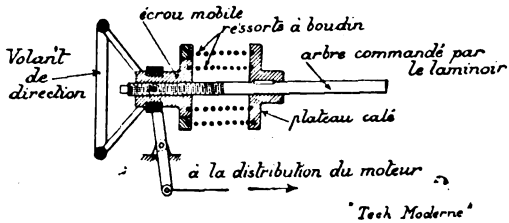


FIG. 2. — Mécanisme de direction d'un laminoir réversible.

sens ou dans l'autre, suivant que l'écrou se déplace à droite ou à gauche. Il en est de même lorsque la machine prend de l'avance ou du retard par rapport à la rotation du volant. Cependant, la direction est disposée de manière que le mécanicien ne soit pas obligé de tourner constamment le volant et que la machine puisse continuer à marcher à l'allure réglée lorsqu'il abandonne ce volant. On n'a pas, en effet, pour les laminoirs réversibles, les mêmes considérations de sécurité à observer, quant à la limitation de la course, que dans le cas des machines d'extraction.

Comme autres applications importantes de ce mode de direction, il faut encore signaler, d'après Glückauf (9.7.X.), la marche en parallèle des alternateurs et celle des turbines à vapeur avec des moteurs à gaz. Dans ce dernier cas, on arrive à faire jouer aux turbines le rôle de tampons.

L. D.

Les câbles à haute tension.

Lorsqu'on s'adresse à différents industriels pour avoir des câbles destinés à une même tension de 30 000 volts, par exemple, on est étonné de voir que tantôt l'épaisseur de l'isolant augmente avec le diamètre du conducteur et que tantôt, au contraire, elle diminue.

M. Apt (*), s'appuyant sur la théorie de O'Gormann, avait déjà montré que l'épaisseur de l'isolant pouvait diminuer quand le diamètre du conducteur augmentait, sans nuire à la sécurité de l'exploitation.

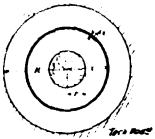


FIG. 1.

M. Humann (**) a déduit de la même théorie des formules intéressantes, aussi nous permettons-nous d'insister un peu sur l'étude de ce dernier.

Considérons un câble à un seul conducteur (fig. 1), entouré d'un isolant que nous supposons parfaitement homogène et soient : r , le rayon du conducteur ; R , le rayon du câble sous la gaine de plomb ; x , le rayon d'une couche d'isolant concentrique d'épaisseur dx . Si c est la constante diélectrique et L la longueur du câble, la capacité de la couche considérée est $C_x = \frac{cLx}{2dx}$,

la capacité entre le conducteur et le plomb $C = \frac{cL}{2 \log \text{nat. } R/r}$.

Désignons par E la différence de potentiel entre le conducteur et le plomb, et par dE la variation de tension correspondant à la couche d'isolant considérée, on aura :

$$\frac{dE}{dx} = \frac{E}{2,3 \log R/r}$$

Pour $x = r$, $\frac{dE}{dx}$ a une valeur maximum que nous désignerons par e . La couche de l'isolant voisine du conducteur étant soumise au plus grand effort spécifique, on conçoit qu'elle ait une importance capitale pour la sécurité de l'exploitation et que la valeur admissible pour e dépende de la résistance diélectrique de la matière employée.

Si l'on désigne par δ l'épaisseur de l'isolant, la formule précédente donne

$$\log R = \log (r + \delta) = \frac{E}{2,3 re} + \log r,$$

ou, en posant

$$\frac{E}{e} = \varepsilon,$$

$$\log (r + \delta) = \frac{\varepsilon}{2,3 re} + \log r.$$

Les courbes des figures 2 et 3, déduites de l'équation précédente, montrent les variations de l'épaisseur δ de l'isolant et du diamètre D du câble sous l'enveloppe de plomb, en fonction du

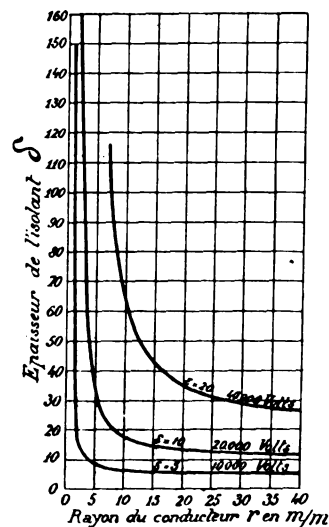


FIG. 2.

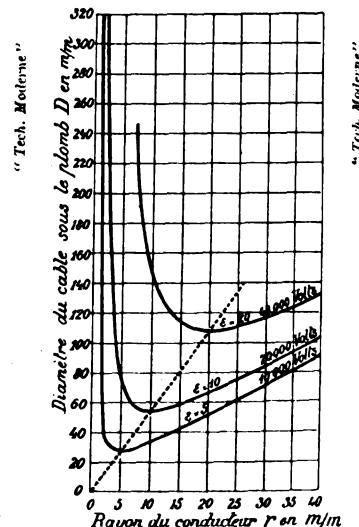


FIG. 3.

rayon du conducteur pour une valeur de e égale à 2 000 volts et pour des tensions E d'exploitation égales à 10 000, 20 000 et 40 000 volts. On voit, d'après la figure 2, que l'épaisseur d'isolant diminue quand le rayon du conducteur augmente ; elle tend vers ε . On constate sur la figure 3 que, pour chaque valeur de ε , il y a une valeur minimum de D . Tous ces minima sont situés sur une même droite passant par l'origine ; pour une valeur donnée de ε , ils ont lieu quand $r = \varepsilon = \frac{E}{e}$. En pratique, on connaît

E et e ; on a donc un moyen très simple de déterminer le diamètre minimum du câble. Ce minimum du diamètre peut d'ailleurs ne pas correspondre au minimum du prix de revient, qui vraisemblablement se rapporte à un rayon un peu plus petit du conducteur.

Pour de très hautes tensions, on peut être amené à augmenter artificiellement le rayon du conducteur afin de diminuer le diamètre du câble. On peut employer, par exemple, des conducteurs enroulés sur une âme de chanvre. On peut aussi obtenir des résultats avantageux en employant des conducteurs d'aluminium, dont le diamètre est forcément plus grand que le diamètre des conducteurs de cuivre correspondant aux mêmes conditions, puisque leur résistance spécifique est 1,7 fois plus grande.

Le problème se complique lorsqu'il s'agit d'un câble à trois conducteurs destiné au courant triphasé. Si l'on suppose que

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1908, p. 160.

(2) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1910, p. 1265.

l'épaisseur d'isolant est la même entre les conducteurs, qu'entre chacun des conducteurs et le plomb (fig. 4), on trouve pour le diamètre du câble :

$$D = 4,31r + 6,31\delta$$

et :

$$\log(r + \delta) = \frac{E}{2,3er} + \log r$$

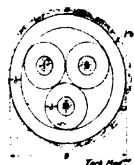


FIG. 4.

où E désigne la tension composée.

Les variations du diamètre du câble en fonction du rayon des conducteurs sont représentées sur la figure 5. On a posé :

$$\epsilon = \frac{E}{e\sqrt{3}} \quad \epsilon_1 = \frac{E}{e}$$

Il y a encore un minimum du diamètre pour chaque valeur de ϵ ; tous ces minima sont aussi sur une droite passant par l'origine et ont lieu pour :

$$r = \frac{2}{3}\epsilon_1 = \frac{2}{3}\frac{E}{e}$$

Nous terminerons en faisant remarquer que, pour les hautes tensions, il ne faut pas employer des conducteurs dont la section est de forme ovale ou de toute autre forme présentant par endroits un faible rayon de courbure qui force à augmenter l'épaisseur de l'isolant.

L. V. B.

Les isolants dans les champs alternatifs de haute fréquence.

M. Arndt⁽¹⁾ a étudié les pertes d'énergie causées par les différents isolants dans des champs électromagnétiques de haute fréquence.

Cette question a un intérêt particulier pour les appareils récepteurs de T. S. F., le schéma de la disposition qu'il a adoptée pour ses expériences est donné par la figure 1. Un circuit oscillateur I a, avec un circuit II, un accouplement lâche. Ce dernier comprend une capacité variable C et une bobine plate B ayant environ 50 spires. Le thermique A est connecté sur un troisième circuit accouplé. Sur la bobine étaient successivement placées des plaques (100 × 100 × 10 mm) de la matière étudiée, et l'on observait

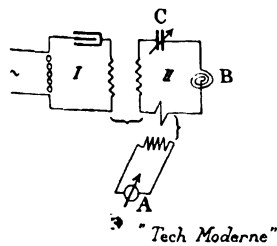


FIG. 1.

les déviations du thermique A pendant des pertes d'énergie se produisant dans l'isolant.

Les plus faibles pertes d'énergie ont eu lieu avec la porcelaine, le marbre et le verre; malheureusement, ces isolants sont rarement employables, car ils sont d'un travail mécanique difficile. L'ébonite a donné des résultats très irréguliers, la gomme laque et le chattron ne sont pas à recommander et sont avantageu-

sément remplacés par de la paraffine. La figure 2 représente les pertes en fonction de la longueur d'ondes pour différents isolants usuels. On constate que, pour les grandes longueurs d'ondes, les pertes d'énergie sont insignifiantes. Ces pertes croissent très rapidement quand la fréquence augmente. Comme les courbes ne sont pas linéaires, il semble que l'amortissement n'est pas dû seulement à une hystérésis diélectrique, comme cela a lieu pour les isolants de condensateur⁽¹⁾; il doit se produire en outre des courants électriques entraînant des pertes par suite de la grande résistance, comme semblent d'ailleurs le prouver les vibrations des plaques d'ardoise, par exemple.

Le bois a été essayé par la même méthode, et il a donné un résultat surprenant : on n'a pu déceler aucune perte d'énergie même avec des planches de 25 mm d'épaisseur.

L. V. B.

La propagation des courants téléphoniques.

Les *Annales des postes, télégraphes et téléphones*, récemment créées sous la haute direction de M. l'Inspecteur général Dennerly, publient, dans leur supplément de mars, les mémoires de MM. Pupin et Campbell sur la propagation des courants téléphoniques. Il est intéressant de voir réunis et traduits, en langue française, ces importants travaux dont se sont inspirés la plupart de ceux qui, dans la suite, ont contribué aux progrès de la téléphonie.

L'étude de la propagation des ondes électriques avait reçu une impulsion puissante grâce à la découverte, par Hertz, d'une méthode de production d'ondes courtes dont la longueur pouvait être commodément mesurée dans l'étendue d'un laboratoire. La grande longueur d'onde des vibrations lentes employées en téléphonie, qui est de l'ordre de centaines de kilomètres, semblait rendre pratiquement impossible leur étude expérimentale.

Mais une longue période n'implique pas toujours une grande longueur d'onde : la longueur d'onde de la lumière du sodium, par exemple, est plus courte dans le verre que dans le vide, parce que la lumière chemine plus lentement dans le verre que dans le vide. Si nous pouvions accroître l'indice de réfraction du verre, nous pourrions diminuer corrélativement la longueur d'onde. Tout cela n'est qu'une question de vitesse de propagation. La vitesse de propagation est proportionnelle à la quantité d'énergie que le milieu amasse par unité de longueur de la trajectoire du rayon, quand une énergie donnée est propagée par celui-ci. C'est en cherchant à appliquer ce principe que M. Pupin est arrivé à la conception du *conducteur pupinisé*, qu'il décrit dans son premier mémoire. Ce conducteur à propagation lente se compose d'un certain nombre de bobines reliées en série. A chaque fil de liaison, entre deux bobines consécutives, est connecté un fil de liaison avec une borne de condensateur. Il est possible d'avoir ainsi un circuit équivalent, au point de vue de la self-induction, de la capacité et de la résistance, à un circuit téléphonique de plusieurs centaines de kilomètres. La théorie et l'expérience confirment, en effet, qu'un tel conducteur pupinisé est équivalent à une ligne aérienne homogène jusqu'à environ 1 000 périodes par seconde.

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1907, p. 988 et 1010; *Annalen der Physik*, Tome 22, 1907, p. 905.

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1910, p. 1271.

Possédant un moyen d'étude de la propagation des ondes, il était naturel de rechercher l'amélioration de leur transmission. M. Heaviside avait déjà montré l'avantage de conducteurs d'ondes à haute inductance; mais la difficulté était leur réalisation. On peut donner aux circuits ordinaires une aussi forte inductance qu'on le désire en y intercalant simplement une bobine de dimensions appropriées avec ou sans noyau de fer. Si jusqu'alors, on avait échoué dans cette voie, cela tient à ce que l'on manquait des données nécessaires pour éviter la réflexion des ondes sur les bobines de self ainsi introduites.

M. Pupin montre dans ses autres mémoires qu'en intercalant un nombre suffisant de bobines de self, par longueur d'onde, on obtient un conducteur non homogène équivalent à un conducteur homogène. Avec seize bobines par longueur d'onde, l'approximation est telle que l'expérience ne permet pas de distinguer les deux sortes de conducteurs. Avec quatre bobines par longueur d'onde, au contraire, la ressemblance entre les deux est faible et l'intensité de la transmission sur le conducteur non homogène est fort diminuée malgré l'augmentation de l'inductance.

Les travaux de M. Pupin ont montré qu'il était possible d'améliorer le rendement et la portée des lignes téléphoniques par l'emploi rationnel de bobines de self. Les lignes téléphoniques reposant sur ce principe sont dites lignes pupinisées.

L.-V. BOURNAT.

La durée des poteaux télégraphiques.

Les résultats publiés, en 1905, par M. Christiani (*Archiv f. Post u. Telegr.*, n° 24, 1910) comme conclusion à une statistique dressée pendant une période de cinquante ans, étaient les suivants pour la durée moyenne des différents poteaux :

Poteaux imprégnés au sulfate de cuivre	11,7 ans.
— — au chlorure de zinc	11,9 —
— — au sublimé	13,7 —
— — au goudron	20,6 —

D'après un nouveau travail de M. Moll, ces chiffres devraient être modifiés ainsi qu'il suit :

Poteaux imprégnés au chlorure de zinc	12,1 ans.
— — au sulfate de cuivre	14,5 —
— — au sublimé	16,5 —
— — au goudron	22,2 —

L. V. B.

GÉNIE MARITIME

Le nouveau paquebot Le « Paul-Lecat », de la Compagnie des Messageries maritimes.

La Compagnie des Messageries maritimes a lancé, le 19 mars dernier, un nouveau paquebot, le *Paul-Lecat*, construit sur ses chantiers de La Ciotat et destiné aux lignes d'Extrême-Orient.

Le *Paul-Lecat* est le plus grand navire construit à ce jour à La Ciotat, et ses dimensions et le poids de sa coque (fig. 1) au moment de la mise à l'eau (4 000 tonnes environ) n'étaient pas sans ajouter aux difficultés qu'une opération de lancement présente toujours à La Ciotat, en raison du manque de surface et de profondeur du port. Il fallait, en effet, arrêter, sur une distance de 40 m une coque de 161 m de long, animée d'une vitesse de 10 nœuds au moment où elle flotte entièrement.

Le système adopté pour arriver à ce résultat consiste dans l'emploi de chaînes de retenue, placées de chaque côté de la cale, en paquets reliés chacun à un câble amarré à bord, et se développant successivement, puis traînant sur le sol, de façon à exercer un freinage progressif; 200 tonnes de chaînes, en

10 paquets (5 de chaque côté de la cale), furent employées. Grâce aux habiles dispositions prises, l'opération a parfaitement réussi.

Le *Paul-Lecat*, représentera une des plus grosses unités de la flotte commerciale française. Par son tonnage, ses dimensions, — les plus grandes qui se puissent donner à un navire appelé à fréquenter les ports d'Indo-Chine et d'Extrême-Orient, — par sa puissance et sa vitesse, il rivalisera avec les plus beaux navires des compagnies étrangères, et très certainement les surpassera par le confortable et le luxe de ses aménagements.

Les caractéristiques du navire sont les suivantes : longueur entre perpendiculaires : 155 m; longueur hors tout : 161 m; largeur au fort : 18^m,82; creux au pont continu le plus élevé : 13^m,73; jauge brute : 12500 tonneaux; déplacement en pleine charge : 16820 tonnes.

La coque est en acier, à double fond coupé de dix cloisons étanches, formant ballast. Sept ponts, dont trois continus de bout en bout, divisent la hauteur du navire; le pont le plus inférieur est interrompu par les chambres des machines et les chau-

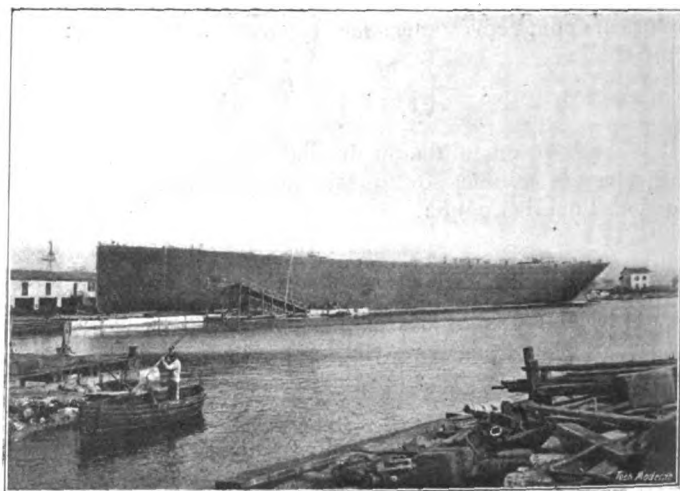


FIG. 1. — Photographie de la coque du *Paul-Lecat* après son lancement.

dières, et les trois ponts supérieurs forment le château central d'une longueur de 78 m.

Le *Paul-Lecat* comporte des aménagements pour quatre cent quarante-neuf passagers, remarquables par leur ampleur, leur confortable et leur luxe; 5 cales d'un volume de 6 000 m³ sont destinées aux marchandises, et des chambres frigorifiques d'un volume de 300 m³ sont réservées aux denrées périssables.

L'aération est assurée par des appareils du système « Thermotank ». L'électricité est largement utilisée pour l'éclairage, la commande des appareils de levage, les ventilateurs, la télégraphie sans fil, etc...

L'appareil moteur, d'une puissance totale de 11 000 chevaux, actionnera deux hélices pouvant imprimer au navire une vitesse de 17,5 nœuds et assurer, en service courant, une vitesse commerciale d'au moins 15,5 nœuds. Il est constitué par deux machines à quadruple expansion dont voici les caractéristiques : diamètre du cylindre admetteur, 0^m,780; du premier détenteur, 1^m,100; du deuxième détenteur, 1^m,590; du troisième détenteur, 2^m,250; course commune des pistons, 1^m,350; nombre de tours maximum, 95.

Les pompes à air et les pompes de circulation sont indépendantes de la machine principale; les pompes alimentaires sont du type Weir, avec réchauffeur d'eau par contact direct.

L'appareil évaporatoire comprend douze chaudières cylindriques simples à trois foyers, timbrées à 15 kg, et fonctionnant au tirage activé système Howden.

L'approvisionnement de charbon prévu (1900 tonnes) permettra au *Paul-Lecat* d'effectuer la traversée de Port-Saïd à Colombo à la vitesse de 15,5 nœuds sans faire du charbon.

E. B.

HYGIÈNE INDUSTRIELLE

L'épuration des eaux destinées à l'alimentation des villes.

M. Fabry, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille, et MM. les D^{rs} Arnaud et Moitessier viennent de publier un rapport très documenté sur les essais d'épuration de l'eau du canal alimentant la ville de Marseille; cette eau est, comme on sait, de mauvaise qualité. Avant de faire choix d'un procédé d'épuration efficace des 140 000 m³ d'eau nécessaires journellement, le Conseil municipal organisa, au cours de l'année 1910, des essais d'épuration dont les résultats viennent d'être publiés.

Sept procédés étaient en présence : 1^o procédé au sulfate d'alumine; 2^o procédé au sulfate ferreux et au chlorure de calcium; 3^o procédé à l'ozone (système Abraham et Marmier); 4^o procédé à l'ozone (système Siemens de Frise); 5^o filtration par sable submergé; 6^o filtration par sable non submergé; 7^o stérilisation par les rayons ultra-violet.

Le premier procédé a donné des résultats insuffisants (il restait en moyenne 587 bactéries sur 10 000 que renfermait l'eau brute). Le second n'était pas beaucoup meilleur (397 bactéries). Le cinquième n'était pas non plus à retenir pour une épuration régulière (11 bactéries). Les procédés utilisant l'ozone ou les rayons ultra-violet ont été au contraire constamment favorables. Pour les procédés à l'ozone, on a trouvé dans un cas 8 bactéries seulement, mais l'eau, à la sortie des appareils, possède une certaine odeur d'ozone qui, paraît-il, disparaît rapidement.

Quant aux procédés de stérilisation par les rayons ultra-violet, les résultats ont été excellents pour une eau préalablement filtrée, condition essentielle, et on a trouvé seulement 4 bactéries sur 10 000 bactéries contenues dans l'eau brute et 0 pour 1 000 colibacilles renfermés dans l'eau brute. Le procédé utilisant les rayons ultra-violet fournis par les lampes à vapeur de mercure a donc donné les meilleurs résultats bactériologiques et le fonctionnement simple et régulier semble, jusqu'ici, offrir les meilleures garanties.

M.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE

Transmission hydraulique (système Janney).

Cet appareil permet, au moyen d'un dispositif à la fois mécanique et hydraulique, de transformer un mouvement de rotation à vitesse constante en un autre mouvement de rotation, dont le sens et la vitesse sont variables à volonté. Il se compose de deux

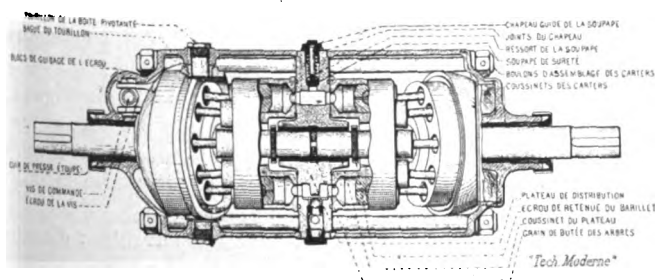


Fig. 1. — Coupe vite en plan.

parties principales : une pompe à huile à débit variable, actionnée par la force motrice à transmettre, et un moteur hydraulique solidaire de l'arbre secondaire. La pompe fournit au moteur l'huile en quantité et pression voulues.

Lorsque les deux arbres peuvent être placés dans le prolongement l'un de l'autre, les deux mécanismes sont enfermés dans

deux carters où les arbres pénètrent au moyen de presses-étoupes, ces carters sont séparés par une paroi à faces parallèles perpendiculaire aux arbres (fig. 1 et 2). Les extrémités de ces der-

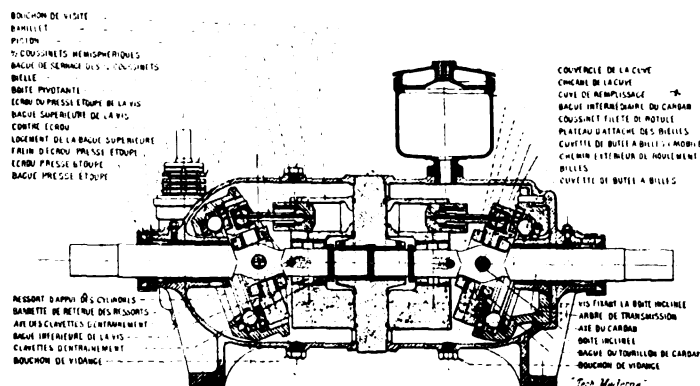


Fig. 2. — Coupe latérale.

niers sont portées par des coussinets placés au centre de cette cloison qui est, en outre, percée de deux fentes semi-annulaires séparées par deux intervalles pleins pour lui permettre de servir de plateau de distribution (fig. 3).

Les parties mobiles des deux mécanismes sont analogues et sont constituées de la façon suivante :

Un barillet, claveté sur l'arbre moteur ou transmetteur, comporte neuf trous cylindriques parallèles à l'axe du carter. Ces neuf trous constituent les cylindres de pompe à piston dont les axes rencontrent le plateau de distribution suivant la circonférence moyenne des fentes semi-annulaires.

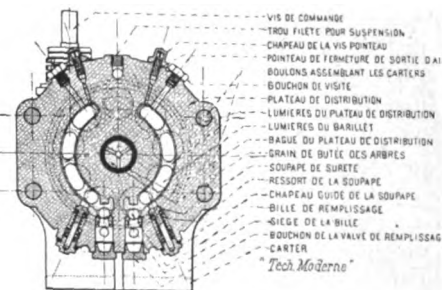


Fig. 3. — Coupe transversale du plateau de distribution.

permet un certain jeu, de façon que son fond porte bien sur le plateau de distribution soigneusement dressé. Deux ressorts à boudin, prenant appui contre une goupille traversant l'arbre, maintiennent au démarrage le barillet légèrement appuyé contre le plateau de distribution. Quand l'huile est sous pression, le barillet est appuyé automatiquement contre le plateau de distribution, car les lumières des cylindres sont plus petites que les pistons (fig. 4), ce qui provoque un excédent de pression intérieure.

Les pistons pleins sont actionnés par des bielles qui s'articulent sur eux par des rotules. Les autres extrémités de ces bielles, traversées sur toute leur longueur d'un canal de graissage, sont reliées de la même manière à un plateau rendu solidaire de l'arbre moteur ou récepteur par un joint à la cardan. Ce plateau, au moyen d'une couronne de butée à billes, s'appuie sur des

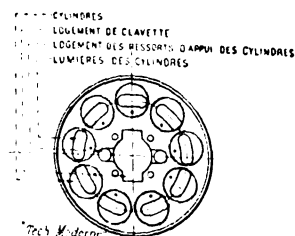


Fig. 4. — Barillet à cylindres. (Vue du côté opposé au plateau.)

culasses faisant avec l'arbre un certain angle. La couronne de butée du mécanisme récepteur est fixée sous un angle invariable de 70°. On peut, au contraire, faire varier l'inclinaison de la couronne de butée du mécanisme transmetteur de 90 à 70°;

pour cela, une denture fixée à la cuvette engrène avec les filets d'une vis sans fin (fig. 5), commandée par un volant dont l'arbre traverse un troisième presse-étoupes pratiqué dans le carter.

L'appareil étant complètement rempli d'huile, supposons la

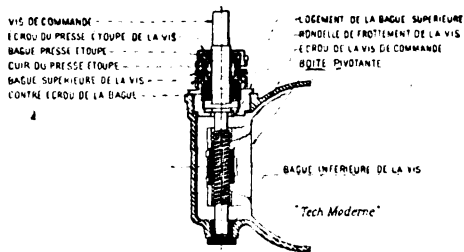


FIG. 5. — Coupe par l'axe de la vis de commande.

culasse oscillante placée de façon que la couronne de butée soit perpendiculaire à l'arbre moteur; cet arbre entraînera les douilles, le barillet, les billes et les pistons; mais ces derniers ne prendront aucun mouvement dans leurs cylindres. Le seul travail sera donc : celui du brassage de l'huile dans le carter par les pièces en mouvement, le frottement de l'arbre dans les coussinets et le glissement du fond du barillet contre les portées du plateau de distribution. Si, au contraire, le plan de la cuvette est incliné sur l'arbre moteur, la rotation de ce dernier déterminera un mouvement de va-et-vient des pistons. Lorsque l'un de ces derniers arrive à la limite de sa course, il reste sans vitesse pendant un moment; l'appareil est réglé de façon qu'à ce moment l'orifice de la pompe considérée soit en face de la partie pleine du plateau de distribution qui sépare les ouvertures semi-annulaires. Il en résulte que l'huile est toujours animée d'un mouvement de même sens à travers une de ces ouvertures. Elle est aspirée, au travers de l'une d'elles, par les pistons s'éloignant du plateau de distribution et elle est refoulée, au travers de l'autre, par les pistons qui s'en rapprochent. Ce refoulement, par suite de l'incompressibilité de l'huile, déplace les pistons du mécanisme récepteur, se trouvant en face de l'ouverture semi-annulaire correspondante. Ce déplacement entraîne le mouvement du barillet récepteur et de son plateau solidaire de l'arbre secondaire.

La vitesse de rotation de ce dernier dépendra de la quantité d'huile que recevront, dans un temps donné, les cylindres du barillet récepteur. Si, par exemple, chaque cylindre a une capacité de 20 cm³, un tour de barillet à neuf cylindres représentera 180 cm³ d'huile transmise d'une face à l'autre du plateau de distribution; donc, si la culasse mobile du mécanisme transmetteur a été très peu inclinée, par exemple de façon qu'un piston, dans un tour, engendre seulement un volume d'un dixième de centimètre cube, il faudra deux cents tours de l'arbre moteur pour engendrer un volume d'huile de 180 cm³; par conséquent, pendant que cet arbre fera deux cents tours, l'arbre secondaire fera un tour. Si on augmente l'inclinaison de la culasse, l'arbre secondaire tournera graduellement plus vite.

Si on incline la culasse mobile en sens inverse, l'arbre moteur continuant toujours à marcher dans le même sens, l'aspiration et le refoulement seront inversés par rapport au plateau de distribution et l'arbre secondaire tournera en sens inverse de sa rotation primitive.

On remarquera que la seule masse d'huile agissante est celle renfermée dans les cylindres derrière les pistons et dans les ouvertures semi-annulaires servant de collecteurs dans le plateau de distribution. Le reste de l'huile n'est pas sous pression, elle sert simplement à la lubrification et, en passant à travers les soupapes de remplissage, elle remplace les fuites de l'huile sous pression. Cette pression dépend de la résistance offerte à la rotation de l'arbre secondaire et non pas de sa vitesse. La pression monte instantanément avec cette résistance sans autre limite que la puissance fournie par l'arbre moteur. Si la cuvette de la culasse mobile est presque perpendiculaire à l'arbre moteur et comprime à chaque tour une très petite quantité d'huile, ce qui donne un très grand rapport entre les vitesses des deux arbres,

on pourra, avec un très faible moteur, produire une pression de quelques dizaines de kilogrammes par centimètre carré, et, par conséquent, avoir un couple très puissant sur l'arbre secondaire. La pression maximum admissible est réglée par des soupapes de sûreté.

On peut remarquer, sur la figure 4 (p. 301), la répartition spéciale qu'il a fallu donner aux lumières des cylindres pour avoir un débit d'huile constant malgré l'inégalité du mouvement transmis par le joint à la cardan.

Le parallélisme des deux faces du plateau de distribution, que nous avons supposé dans la description précédente, n'est évidemment pas indispensable au bon fonctionnement de l'appareil. On peut aussi avoir besoin de placer les deux mécanismes à une certaine distance l'un de l'autre. Dans ce cas, chaque mécanisme comporte son plateau de distribution fixe, les deux plateaux étant réunis par une tuyauterie (fig. 6).

Le rendement de cet appareil se maintient élevé et voisin de 85 % jusqu'à des rapports de vitesse de 1 à 5.

Une des premières applications de l'appareil Janney a été la manœuvre des tourelles et des pièces de gros calibre à bord des navires de guerre.

Cet appareil permet, en effet, malgré les mouvements du vaisseau et les difficultés de la manœuvre des gros canons, de maintenir ceux-ci toujours très exactement pointés sur

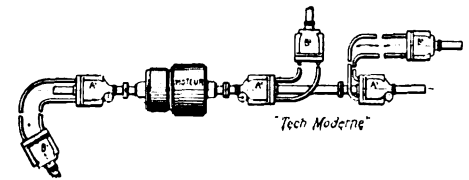


FIG. 6. — Schéma d'un système de connexion pour la commande de trois arbres. — A₁, A₂, A₃, mécanismes transmetteurs; B₁, B₂, B₃, mécanismes récepteurs.

un but mobile, et ceci, à l'aide d'un moteur électrique à vitesse constante. La souplesse de la transmission est assez grande pour que l'on ait pu, avec un moteur tournant à 500 tours par minute, faire effectuer à une tourelle une révolution complète en dix-huit heures.

Son champ d'application peut s'étendre à la traction électrique, aux appareils de levage électrique, aux machines à papier, etc.

Un appareil destiné à transmettre normalement 20 chevaux avec une pression d'huile de 14 kg par centimètre carré pèse approximativement 290 kg. Sa longueur (arbres non compris) est 0^m,860; sa largeur, 0^m,400; sa hauteur, sans la cuve de remplissage, 0^m,420; sa hauteur totale, 0^m,600.

L.-V. BOURNAT.

Machine à vapeur tandem à soupapes, de 1 000 chevaux (système Bollinckx).

Parmi les groupes électrogènes servant, dans le hall des machines de l'Exposition de Bruxelles, à la production du courant pour la force et pour l'éclairage, l'un des plus gros est celui construit, par les ateliers Bollinckx de Bruxelles et, pour la partie électrique, par les ateliers Lahmeyer.

La machine (fig. 1, p. 303) est de type spécial dit « électrique » et construite pour l'emploi de la vapeur à haute pression et haute surchauffe.

Sa puissance est de 1 000 chevaux; elle travaille avec une pression à l'admission de 10 atmosphères.

Les dimensions caractéristiques sont les suivantes : diamètre des pistons, 650 et 1 060 mm; course, 900 mm.

Ce type de machine, qui est construit en monocylindrique et en compound jumelle ou tandem, est remarquable par sa grande simplicité et par sa douceur de marche.

L'admission est à soupape, système répondant mieux aux besoins de la surchauffe que les organes à frottement, tels que valves ou pistons-valves.

Le bâti est du type laminoir.

Les organes d'admission, munis d'un galet, sont commandés

par un excentrique placé sur l'arbre de distribution et sont reliés, sans intermédiaire, au régulateur monté lui-même sur l'arbre de distribution.

L'attaque se fait par une came de forme appropriée, toujours en contact avec le galet, dont le profil est dessiné de manière à

ainsi un bourrage hydraulique étanche (fig. 3). Cette disposition est particulièrement avantageuse pour la haute surchauffe, car les recherches faites jusqu'à présent pour trouver des bourrages convenables n'ont guère donné de résultats.

La soupape est constituée par un simple anneau, de façon que

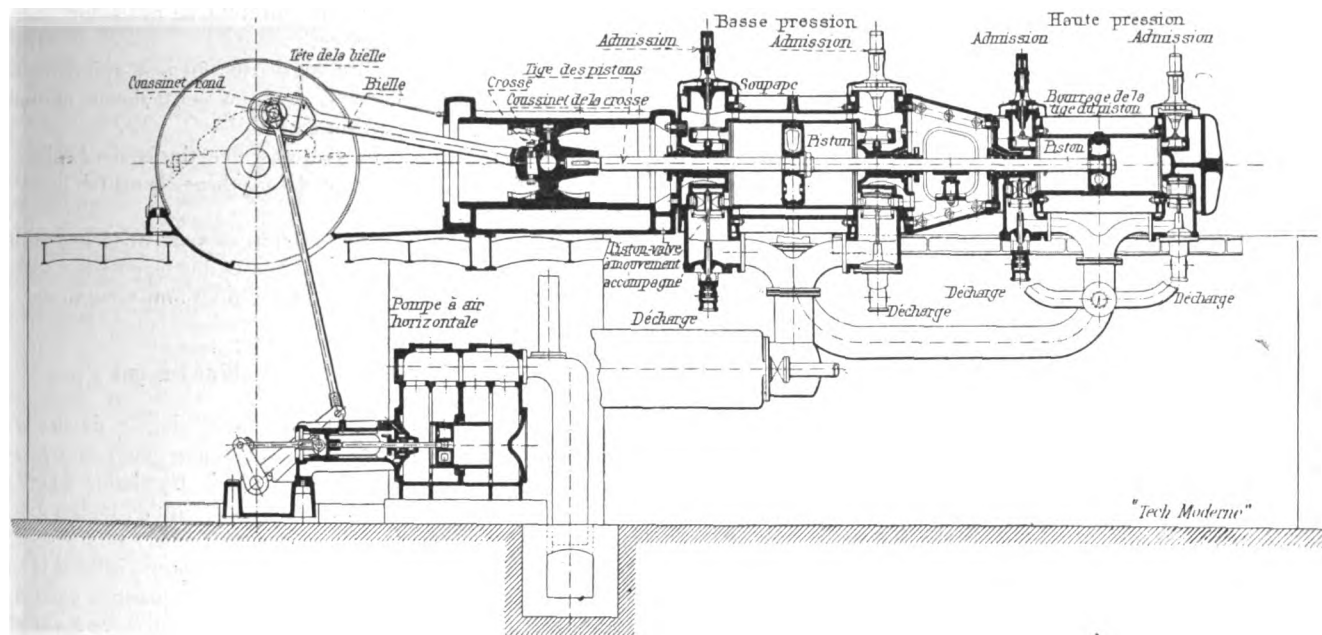


FIG. 1. — Coupe d'ensemble de la machine à vapeur tandem à soupapes (système Bollinckx).

déterminer sans déclat, et partant sans choc, une ouverture et une fermeture rapides de l'organe d'admission.

L'excentrique d'admission (fig. 2) est monté sur un coulisseau calé sur l'arbre de distribution. Cet excentrique est déplacé par le régulateur de façon que son calage et sa course varient avec la charge de la machine.

Les tiges des soupapes d'admission n'ont pas de presse-étoupe; ces organes ont été évités parce qu'ils donnent lieu à un ennui

la dilatation en soit absolument libre. Elle permet d'introduire la vapeur à la fois par le bas et par le haut, et son diamètre peut être moins grand que celui des autres soupapes, ce qui facilite le rodage et en assure plus facilement l'étanchéité.

Pour l'échappement, les conditions de travail étant différentes, il peut être fait usage d'une soupape à un siège, mais à double passage, actionnée par un mouvement à genouillère; l'étanchéité est assurée par le contact de ses cercles d'un côté et du siège unique de l'autre.

Le régulateur, calé sur l'arbre portant les excentriques de distribution, se compose de deux masses pivotant sur un support fixé à l'arbre de distribution, soumises à l'action de la force centrifuge et reliées, d'un côté, par un ressort et, de l'autre, par des bielles d'accouplement à enveloppe formant volant.

Dès qu'une accélération de vitesse tend à se produire, l'inertie de l'enveloppe-volant absorbe une partie de la force du ressort, et la force centrifète, se trouvant diminuée, aide les masses à s'écarter immédiatement sans qu'il soit, pour cela, besoin d'un accroissement de la vitesse centrifuge.

L'inverse a lieu en cas de retard.

Les excentriques de distribution étant déplacés par l'enveloppe-volant, la variation de l'admission précède le changement intégral de la vitesse.

L'effet d'inertie de l'enveloppe-volant n'est que momentané et disparaît dès que la vitesse redevient uniforme. Le déplacement de l'enveloppe-volant par rapport à l'arbre modifie la tension du ressort, tension qui se transmet de nouveau aux masses, amenées par avance à leur position d'équilibre.

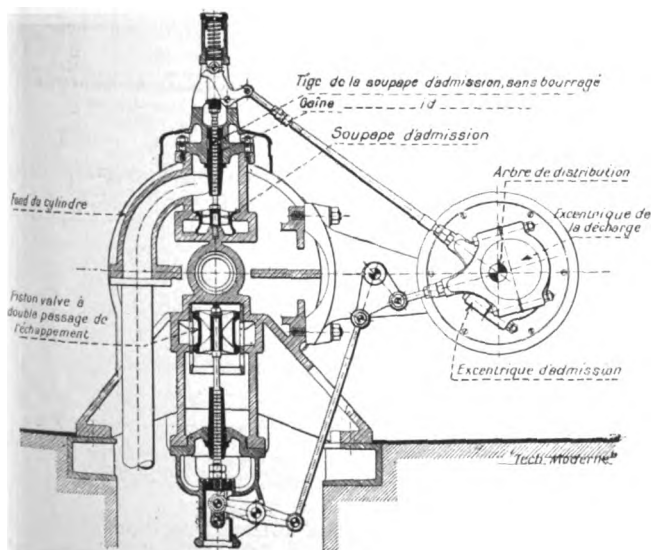


FIG. 2. — Détails de l'admission.

dans les machines marchant à haute pression et à haute surchauffe; malgré de fréquents resserrages, l'étanchéité n'est pas facilement assurée.

Dans le système Bollinckx, la tige est rodée dans sa gaine; elle porte une série de cavités annulaires qui retiennent une couche d'huile mélangée à l'eau de condensation et constitue

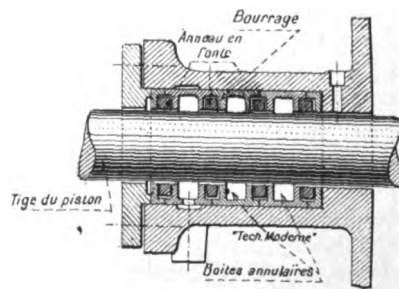


FIG. 3. — Dispositif des bourrages.

Par la combinaison de cet effet d'inertie, agissant instantanément et temporairement, avec des variations de force centrifuge, on obtient un réglage à action immédiate de stabilité extrême et de sensibilité parfaite, grâce auquel on peut mettre en parallèle des génératrices à courant polyphasé sans avoir à se préoccuper de la répartition des charges sur les machines.

Les organes d'admission et d'émission sont logés dans les fonds des cylindres, afin de diminuer les surfaces nuisibles et d'améliorer la consommation.

Ces nouveaux types de machines, étant étudiés spécialement pour marcher à haute surchauffe, sont généralement construits sans enveloppe de vapeur au petit cylindre; les cylindres reposent sur des glissières permettant leur libre dilatation.

Le bâti est imité de la forme adoptée en Amérique pour toutes les machines soumises à de grands à-coups (laminoirs) et, dans la suite, pour celles des groupes électrogènes dans les grandes stations centrales d'électricité.

La partie de la crosse travaille entièrement dans l'huile, ce qui assure son graissage parfait; de plus, la forme du coulisseau est telle que la quantité d'huile en excès est intégralement recueillie; les coulisseaux sont grattés, ce qui assure une marche parfaite et une usure presque nulle parce que la surface du patin

est complètement au contact avec la surface du coulisseau qui le porte.

Le palier du bâti possède un coussinet en quatre pièces qu'on peut facilement enlever en soulevant légèrement l'arbre; il est garni de métal blanc antifricition et également gratté; son graissage est assuré par une pompe à circulation d'huile qui a pour but de fournir et de reprendre l'huile de graissage.

Ce graissage, très abondant, réduit la force absor-

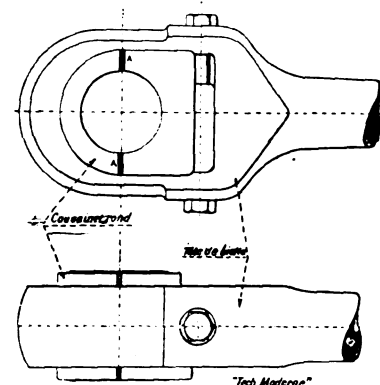


FIG. 4. — Schéma des coussinets de la bielle.

bée par la machine à son minimum, l'arbre travaillant toujours sur une couche d'huile.

Le bourrage (fig. 3, p. 303) employé est très intéressant; il est formé d'une série de boîtes annulaires, dont une sur deux reçoit un anneau en fonte agissant à frottement doux sur la tige du piston. Dans ces cavités annulaires on refoule de l'huile sous pression qui va graisser le cylindre; les anneaux absorbent successivement la vapeur, l'anneau extérieur ne présente jamais la moindre trace de fuite.

Le peu de vapeur qui s'introduit, pendant l'admission, dans les deux ou trois premières cavités retourne au cylindre pendant la période de détente, et elle entraîne avec elle l'huile qui pourrait être injectée en excédent et qui lubrifie aussi le cylindre.

De même que celui des tiges de soupapes, le bourrage de la tige du piston ne comporte donc aucun frottement, métallique ou autre.

A l'exemple de la construction américaine, qui donne une marche plus douce, la bielle a généralement la longueur de la manivelle.

Outre qu'il résulte de cette disposition une pression moindre sur la crosse, et partant un graissage plus facile, la force absorbée est plus faible et le piston a un fonctionnement meilleur.

Le réglage des coussinets de la bielle est facile et ne demande pas d'ajustage, parce que ce coussinet, étant rond, prend de lui-même la bonne position; en outre, la tête de la bielle est beaucoup plus solide.

Le graissage des cylindres se fait par l'appareil Mollerup, à

débit visible, système qui est indépendant de la viscosité de l'huile, où à graisseurs à piston.

Pour les paliers de l'arbre de couche, il est fait usage d'une pompe qui distribue et reprend continuellement l'huile. L'écoulement de l'huile est visible; l'on peut donc surveiller constamment la marche.

Les coussinets n'ont pas de rainures de graissage, mais il en est pratiqué une dans l'arbre.

Cette rainure peut avoir toutes les formes, spirale ou droite, et ses parois peuvent être vives ou en pente douce, de manière à mieux assurer la répartition de l'huile.

La pompe à air est du système Westinghouse-Leblanc, mais ordinairement, pour ce type de machine, il est fait usage d'une pompe horizontale.

La pompe horizontale a des avantages marqués au point de vue de la sûreté du fonctionnement, de la douceur de la marche, des dimensions, etc., comparativement aux pompes verticales. M.

La régulation des turbines à gaz (1).

Nous nous bornerons simplement, ici, à décrire d'après M. Gentsch, quelques-unes des solutions que l'on a essayé de donner au problème si complexe de la régulation de ces appareils, dont quelques-unes n'ont d'ailleurs qu'un intérêt documentaire (2).

Comme la régulation de la turbine à vapeur, celle de la turbine à gaz peut s'obtenir en faisant varier la quantité ou la vitesse d'écoulement du gaz employé de façon à satisfaire à une charge ou à une vitesse angulaire déterminée. Il ne s'agit toutefois pas ici d'un produit propulseur que l'on peut facilement régler avant son entrée dans les conduits; la régulation de la turbine à gaz consiste, en général, à préparer, dans la chambre de combustion, un mélange correspondant aux besoins du moment.

TURBINES A EXPLOSION. — Pour la régulation, Steffens (1904) ne fait pas varier le mélange, mais le remplissage de la chambre d'explosion, comme cette dernière est de grandeur invariable, il fait varier son remplissage en déplaçant l'allumage comme le montre la figure 1. Le mélange gazeux est aspiré dans la chambre de combustion et, selon que l'explosion est due aux premiers, deuxième ou troisième allumeurs, la pression, après l'explosion, est différente. La vitesse des gaz de combustion, si les canalisations de détente restent les mêmes, doit donc augmenter, ce qui peut agir sur le nombre de tours de la turbine.

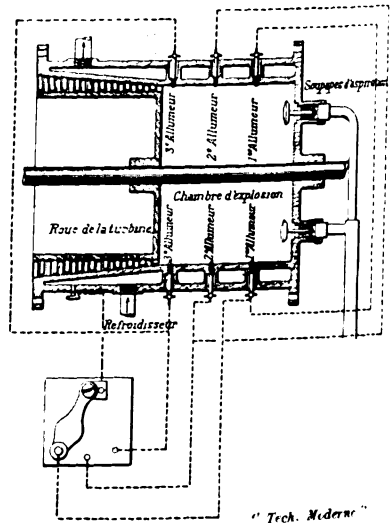


FIG. 1. — Schéma d'une turbine à explosion (système Steffens).

La figure 2 représente une autre disposition adoptée par Steffens. Le tambour rotatif sert de chambre de combustion, cette dernière est divisée en trois parties. Le mélange, aspiré au moyen de l'arbre creux, traverse une première chambre cylindrique, à l'extrémité de laquelle il rencontre les premiers allumeurs; il contourne les parois cylindriques, entre dans la seconde partie de

(1) Voir: Le réglage des turbines à vapeur, *La Technique Moderne*, t. I, n° 10 (septembre 1909), p. 477.

(2) Voir: *Die Turbine*, 5, 20.VIII.10.

la chambre de combustion, rencontre les deuxièmes allumeurs et une paroi, en chicane avec la paroi cylindrique précédente, il passe alors dans la troisième partie de la chambre de combustion, puis, s'échappant du tambour rotatif, il rencontre un troisième allumeur et arrive à droite et à gauche sur les aubes de la turbine. Comme dans le cas précédent, on peut obtenir l'explosion avec les premiers, deuxièmes ou troisièmes allumeurs. Si

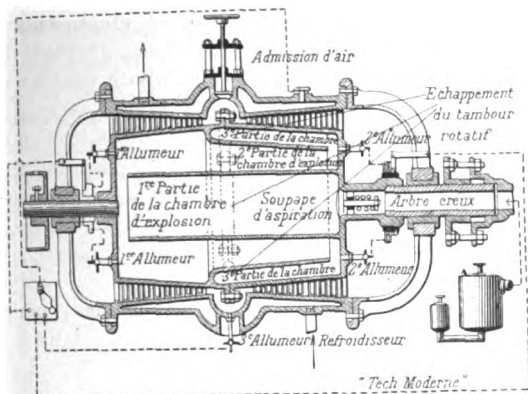


FIG. 2. — Schéma d'une machine à explosion (système Steffens).

On ne veut pas d'allumage, on peut ouvrir l'admission d'air supérieure et ne plus faire aspirer de mélange.

Le refroidissement de la turbine est obtenu au moyen d'une double paroi et d'un liquide.

Si la tuyère conserve sa forme, la pression à son orifice varie dans le même sens que la tension dans la chambre d'explosion.

P. Rambal (Stodola, 1904) fait varier la section de la tuyère au moyen d'un pointeau de façon que les gaz, en la traversant, se détendent de la pression quelconque de la chambre d'explosion à la pression constante de la chambre de la turbine. Les pointeaux sont creux et refroidis par de l'eau sous pression (fig. 3); ils permettent d'étrangler plus ou moins le passage des gaz de combustion dans la tuyère et, par suite, de faire varier la détente. Ils sont commandés, comme l'indique la figure, par les cames d'un volant ayant même axe que la turbine et entraîné par des engrenages

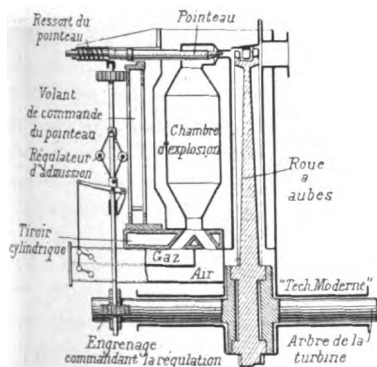


FIG. 3. — Schéma d'un système de régulation (système P. Rambal).

la turbine est en rapport étroit avec le nombre d'impulsions des gaz provenant de la chambre d'explosion, c'est-à-dire avec le nombre d'explosions lui-même. Ce genre de régulation ne peut pas être commandé par l'arbre de la machine : le nombre d'explosions diminuerait en effet avec le nombre de tours, c'est-à-dire que la puissance diminuerait pour les surcharges de la turbine.

H. Holzwarth et E. Junghans (1906) tournent cette difficulté en commandant la régulation par une machine auxiliaire comme le montre la figure 4 relative à une turbine à arbre vertical. Les combustions ont lieu dans des chambres circulairement placées

à la périphérie des roues de la turbine. Les réservoirs à gaz et à air séparés sont communs pour toutes les chambres de combustion, avec lesquelles ils sont alternativement mis en communication par des soupapes d'admission. La commande est obtenue au moyen d'huile comprimée par une pompe et distribuée par une sorte de tiroir circulaire à des pistons solidaires des soupapes. Les soupapes d'admission d'air et de gaz sont successivement ouvertes; un contact placé sur l'arbre du tiroir circulaire produit l'allumage en temps opportun. Les gaz de la combustion soulèvent la soupape d'admission à la tuyère et arrivent aux aubes de la turbine; cette dernière soupape est maintenue ouverte par un piston à huile, de façon que la chambre d'explosion et la turbine soient parcourues et refroidies par l'air provenant de la soupape d'admission seule ouverte; la soupape de la tuyère se referme ensuite et le cycle recommence. La commande de l'appareil

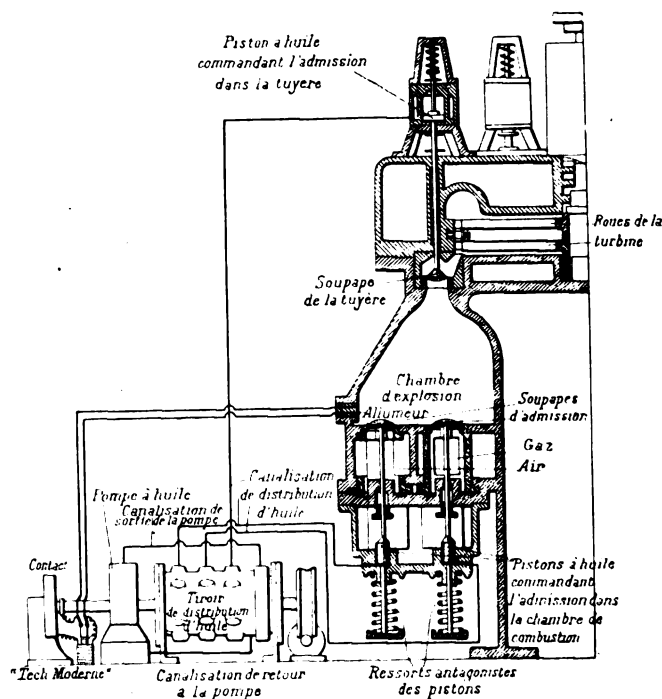


FIG. 4. — Schéma d'un système de régulation (système H. Holzwarth et E. Junghans).

reil régulateur peut être obtenue au moyen d'un petit moteur électrique. Ce genre de régulation est sensible par suite de la faiblesse des masses mises en mouvement.

Si plusieurs chambres d'explosions travaillent successivement ou en parallèle, la régulation du nombre d'explosions s'étendra à toutes les chambres. Mais la variation du temps dans lequel se succèdent les explosions dans une chambre agit aussi sur le temps de charge, il faut cependant que l'on atteigne la pression d'explosion correspondant à la forme actuelle de la tuyère, c'est-à-dire aux conditions de détente du moment.

En principe, la puissance ou le nombre de tours de la turbine croissent avec le nombre d'explosions, c'est-à-dire avec le nombre de tours de l'appareil régulateur, mais en même temps il y a diminution du temps d'admission du gaz après le passage de l'air dans la chambre de combustion; il y a donc diminution de la quantité de gaz admise et, par suite, de la pression d'explosion qui ne correspondrait plus aux conditions déterminées de détente. La puissance de la turbine se trouverait, par ce fait, diminuée, si l'appareil régulateur n'agissait que sur le nombre d'explosions. Holzwarth (Rueff, 1909) a cherché à remédier à cet inconvénient en augmentant la pression d'admission du gaz avec le nombre d'explosions; pour cela, il accouple un compresseur à gaz avec l'appareil régulateur, de façon qu'une augmentation

de vitesse de l'appareil régulateur correspond à une augmentation de vitesse du compresseur.

(A suivre.)

L. V. B.

MÉTALLURGIE ET TRAVAIL DES MÉTAUX

L'élargissement des métaux pendant le laminage.

(Suite) (1).

Le fait que la largeur de la barre est sans influence sur l'élargissement conduit à supposer que le mouvement de déplacement des molécules d'une section droite n'est pas le même pour toutes les barres, le mouvement d'élargissement ne portant que sur un certain nombre d'entre elles. Brovot, par la théorie du glissement, et plus récemment W. Tafel, en partant du principe de la solidarité, quant à leur allongement, des tranches élémentaires voisines, arrivent à la même conclusion. Pour déterminer s'il n'y a réellement qu'une partie du métal déplacé qui participe à l'élargissement, l'auteur fait l'expérience suivante : Il prend un plat, loge dans le plan

peut déterminer avec exactitude la quantité $\frac{u}{2}$, par suite du grand rayon de courbure et de la difficulté de déterminer le point de tangence de la courbe et de l'axe de la goupille. Il semblait cependant que cette courbure commençait bien au point situé à une distance $\frac{u}{2}$ de la face latérale du plat (u étant la longueur de l'arc de contact de la barre et des cylindres). Dans les expériences suivantes, l'auteur admit qu'il en était ainsi, sans preuves directes. Il semble bien cependant que cette preuve soit fournie indirectement par la régularité des résultats obtenus dans les expériences en partant de cette hypothèse.

L'auteur recherche ensuite l'influence de la section déplacée latéralement sur l'élargissement. A cet effet, il prend trois plats de même largeur, qu'il lamine de façon à obtenir des épaisseurs après passes égales pour les trois éprouvettes. Dans ce but, chaque éprouvette est laminée entre deux cylindres, dont on choisit le diamètre de façon que le produit de l'arc de contact u par la pression (section refoulée latéralement) pour chaque éprouvette soit égal à la moitié du produit relatif à l'éprou-

TABEAU VI. — INFLUENCE DE LA SECTION REFOULÉE LATÉRALEMENT SUR L'ÉLARGISSEMENT.

N°s	DIAMÈTRE des cylindres	HAUTEUR avant la passe	LARGEUR avant la passe	HAUTEUR après la passe	LARGEUR après la passe	ANGLE de laminage α	ARC de contact u	PRESSION	SECTION refoulée latéralement Q_r	ÉLAR- GISSEMENT
		mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm ²	mm
1	260 ^{mm} cylindre supérieur. 260 ^{mm} cylindre inférieur.	14,0	50,0	10,0	51,6	8°	28,5	4,0	114,0	1,6
2	267 ^{mm} cylindre supérieur. 267 ^{mm} cylindre inférieur.	13,0	50,0	10,0	50,8	8°	19,0	4,0	57,0	0,8
3	198 ^{mm} cylindre supérieur. 198 ^{mm} cylindre inférieur.	12,0	50,0	10,0	50,4	8°	14,25	4,0	28,5	0,4

médian de ce plat une série de goupilles équidistantes parallèles aux grandes faces du plat. Il engage dans une cannelure la barre ainsi préparée et chauffée à la température convenable, on arrête le laminoir avant qu'elle ne sorte des cylindres, de manière à avoir, sur les différents points, la représentation de tous les états successifs par lesquels elle passe en se laminant. Puis on la rabote suivant un plan passant par les

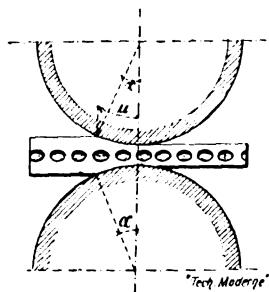


FIG. 2.
Schéma de l'expérience.

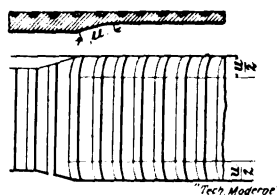


FIG. 3. — Position des goupilles après l'expérience.

axes de toutes les goupilles, polit la surface et l'attaque à l'acide afin de retrouver la trace des goupilles. D'après la déformation de celles-ci, on voit quel sont été les déplacements des molécules pendant le laminage.

La figure 1 montre comment fut conduite l'expérience ; la figure 2 donne l'aspect de la face du plat après attaque. On voit que des goupilles, dans le sens de leur axe, n'ont subi aucune déformation dans la partie médiane du plat. Par contre, vers les extrémités, elles ont été infléchies vers l'avant. Les parties latérales du plat s'élargissent donc en même temps qu'elles s'allongent. On ne

vette précédente. L'angle de laminage dont on n'avait pas encore déterminé l'influence sur l'élargissement était, en outre, le même pour les trois éprouvettes. Les sections déplacées latéralement étaient entre elles comme les nombres 1, 0,5, 0,25. Il résulte de l'examen du tableau VI que les élargissements sont également entre eux comme les nombres 1, 0,5, 0,25, c'est-à-dire que, pour une même valeur de l'angle de laminage, l'élargissement est proportionnel à la section refoulée latéralement.

(A suivre.)

M. PICARD,

Ingenieur des Arts et Manufactures.

Affinage électrique de l'acier.

L'emploi de l'électricité pour l'affinage électrique de l'acier a pris place aujourd'hui parmi les procédés métallurgiques courants. Cette constatation amène M. D. F. Campbell (1) à discuter la question à un point de vue général et à étudier son développement probable et possible en Angleterre dans un avenir prochain. En Amérique, en Allemagne et en France, le four électrique est utilisé actuellement pour l'affinage de l'acier produit au Bessemer, dans la fabrication des rails et du matériel de chemin de fer et, plus couramment, pour l'affinage de l'acier sur sole basique dans la fabrication de produits de qualité intermédiaire, c'est-à-dire d'acier pour moulage et pour outils. L'auteur estime que cet appareil convient tout spécialement à toutes les fabrications employant actuellement des matières premières d'une grande pureté.

Son application se développera pour les rails et les profilés, avec le four Talbot, par exemple, en utilisant la haute tempé-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 4 (Avril 1914), p. 237.

(1) *Iron and Steel Institute*, IX, 10.

rature du four électrique pour éliminer le soufre plus économiquement et plus complètement que ne le ferait le four Talbot. Celui-ci servira simplement à la décarburation. D'autre part, avec un four à sole basique chargé de 60 % de fonte liquide et de 40 % de riblons, on pourra prélever toutes les deux heures 15 tonnes d'acier pour l'affinage au four électrique. On augmentera ainsi la production du four et la qualité des produits, en même temps qu'on pourra diminuer les frais par l'utilisation de fonte de qualité inférieure. Avec les produits bruts les plus communs, on obtiendra également des moulages de meilleure qualité en affinant électriquement l'acier du four à sole, car on disposera ainsi d'un métal d'une extrême fluidité. Dans les fonderies produisant des moulages ordinaires en acier sur sole, pour lesquels les bénéfices sont très minimes, on regarde déjà le four électrique comme nécessaire à l'amélioration de la qualité; par contre, on réalisera une économie importante dans les petites fonderies produisant des moulages compliqués en acier fondu au creuset, en substituant le four électrique au four à creuset. Il est certain que l'acier au creuset, l'acier de Suède et les produits de qualité intermédiaire employés dans les industries de Sheffield, comme ceux qu'utilisent les fabricants de tubes du Staffordshire et de la Galles du Sud, pourront être économiquement remplacés par de l'acier affiné électriquement et fabriqué à Middlesbrough, dans le Cumberland, ou dans les grandes aciéries des régions de Sheffield et Rotherham.

Au four électrique, on peut obtenir économiquement à peu près tout degré d'affinage, et l'élimination du soufre, du phosphore et de l'oxygène est particulièrement facile. M. Campbell attribue cette facilité aux trois causes suivantes : 1° chaleur intense de la scorie, c'est-à-dire du point où se produit l'affinage, d'où réaction très vive, la vitesse de réaction croissant beaucoup plus rapidement que la température; 2° extrême basicité de la scorie, qui peut être maintenue très fluide, et formation de carbure de calcium par l'action de l'arc sur la scorie calcaire, ce qui est spécialement avantageux pour la désulfuration; 3° agitation violente de l'acier due aux zones extrêmement chaudes existant autour des électrodes.

Un point intéressant est la rareté des soufflures de l'acier électrique. A ce propos, l'auteur attribue ces soufflures à la combinaison du carbone et des oxydes, avec dégagement d'oxyde de carbone; en refroidissant, cet oxyde de carbone laisse un vide dans la soufflure qui se remplit d'azote provenant de l'acier. Dans l'acier électrique, n'existent pas ces oxydes, ce qui réduit la principale cause de formation des soufflures. On sait aussi que l'acier électrique est de meilleure qualité que l'acier de composition identique produit dans un four oxydant.

Il est assez difficile de discuter d'une manière générale le point de vue économique du four électrique. Dans chaque cas particulier, on devra envisager les principaux facteurs suivants :

1° Economie possible sur les matières premières, les meilleures qualités d'acier pouvant être obtenues de matières très impures;

2° Accroissement possible de la production des fours existants par l'adjonction d'un four électrique;

3° Prix de revient de la force motrice et possibilité d'emploi de gaz de hauts fourneaux ou de fours à coke, de vapeur d'échappement, etc., pour produire le courant à bon marché. Avec une force motrice à bas prix, on peut fondre et affiner directement des riblons au four électrique pour une dépense de 700 à 800 kw-h par tonne; si la force motrice est chère, on opérera la désulfuration et la désoxydation au four électrique après déphosphoration au four basique et moyennant 100 à 150 kw-h par tonne;

4° Amélioration possible d'installations métallurgiques devenues insuffisantes quant à la qualité des produits.

L'adoption du four électrique doit modifier l'industrie de l'acier. A Sheffield, notamment, les fonderies d'acier sont appe-

lées à remplacer l'acier au creuset par l'acier électrique, comme cela s'est produit déjà en Allemagne et en Amérique. En bien des cas, des fabricants d'essieux, de canons, etc., abandonneront les fontes de Suède pour tirer leurs matières premières de minerais de qualité inférieure.

L. D.

Nouvelle méthode pour déterminer exactement le point de fusion des métaux.

Dans un four électrique on introduit un thermo-élément A d'un pyromètre. A côté de lui on place deux fils de platine B, réunis par le fil de métal soumis à l'expérience. Ces fils sont assemblés à un accumulateur D, et par un relais E, à une sonnerie électrique H, de manière que la sonnerie fonctionne tant que le fil à essayer est intact. Quand il est fondu, la sonnerie s'arrête immédiatement et on note la température donnée par le pyromètre. (D'après le *Journal de la Société Russe de Physique*, VIII.10.)

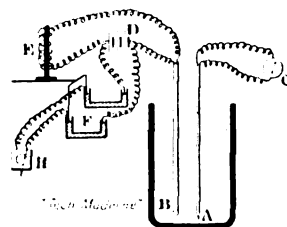


FIG. 1. — Dispositif pour déterminer exactement le point de fusion des métaux.

Pour effectuer ces mesures dans un four à gaz, MM. Ioukoff et Kourbakoff prirent deux creusets, mis côte à côte, l'intervalle les séparant étant rempli de magnésium. Un des creusets contenait les deux fils de platine et l'autre l'élément thermo-électrique; ce dernier était comblé de ouate d'amiante.

Cette méthode s'applique à l'or, l'étain, le zinc et l'aluminium.

MINES

Les premières expériences anglaises sur la question des poussières.

Il a été fait récemment, en Angleterre, une série d'expériences sur la question de l'inflammabilité des poussières charbonneuses dans les mines et le moyen de conjurer le danger qui en résulte.

M. Watteyne (*) vient d'exposer, dans une intéressante étude, la façon dont ces expériences ont été conduites et les résultats qu'elles ont donnés.

Il s'agissait d'abord de démontrer le danger des poussières charbonnières, ensuite de découvrir contre ce danger un remède autre que l'arrosage, enfin d'étudier les phénomènes chimiques et physiques qui accompagnent les explosions de poussières.

Une galerie d'expériences fut érigée à Altofts, au charbonnage de MM. Pope et Pierson. Elle se compose d'une galerie droite principale de 2^m,30 de diamètre et de 237 m de longueur, branchée, à l'extrémité opposée à l'entrée d'air, sur des galeries (longues au total de 90 m) de retour d'air coudées plusieurs fois à angle droit et aboutissant à un ventilateur aspirant, susceptible de faire passer, dans le système des galeries, un courant de 40 m³ par seconde avec une vitesse de 9 m dans la grande galerie. Des portes soupapes étaient adaptées aux angles des galeries de retour d'air pour amortir, du côté du ventilateur, les effets de l'explosion.

La poussière employée (1 kg, 5 par mètre courant, soit 0 kg 4 par mètre cube d'air) donnait 33 % de matières volatiles et 5,5 % de cendres. On provoquait l'inflammation, par l'intermédiaire d'un petit canon, au moyen de 0 kg 680 de poudre noire. Un autre canon, plus petit, chargé trop faiblement pour déter-

(*) WATTEYNE : *La première série des expériences anglaises sur la question des poussières* (Ixelles-Bruxelles, 1911).

miner l'inflammation, pouvait éventuellement servir à la mise en suspension des poussières.

Les expériences ont démontré que, sans intervention de grisou, les poussières pouvaient produire de violentes explosions. Le remède qui a été étudié pour prévenir les explosions est la *schistification* ou emploi de poussières incombustibles. Les résultats obtenus semblent prouver : 1° que la présence d'un nuage de poussières incombustibles, sur le trajet d'une explosion de poussières, empêche la propagation de l'explosion; 2° qu'au fur et à mesure que la proportion de poussière incombustible augmente, l'explosion devient plus difficile à provoquer et, lorsque celle-ci se produit, la propagation est ralentie; 3° que la poussière incombustible pourrait constituer le remède cherché.

Comme conséquence de ces résultats, l'essai de la schistification de la mine, par soupoudrage direct des parois ou par soupoudrage de planches disposées le long de ces parois, a été tenté dans les travaux de plusieurs couches. Le prix de revient de cette schistification, à Altofts, a été d'environ 2 centimes par mètre courant de voie.

Pour ce qui est des phénomènes physiques et chimiques qui accompagnent les explosions de poussières, on peut conclure actuellement — le danger relatif du charbon considéré étant bien déterminé — que la pression croît avec le parcours de l'explosion, que toute obstruction augmente considérablement la violence de l'explosion, qu'une explosion peut se propager dans un nuage de poussières de charbon de bois.

Plusieurs autres questions ont été abordées au cours de ces expériences, mais il en est dont les résultats paraissent devoir être très intéressants et que l'on a dû, jusqu'à présent, délaissier. Il serait, en particulier, désirable que l'on puisse fixer l'importance des actions de l'humidité et que l'on puisse déterminer :

1° Les quantités maximum et minimum de poussières qui permettent la propagation d'une explosion dans l'air et dans une atmosphère contenant certaines quantités de grisou;

2° Le volume, l'intensité et la durée minimum de la flamme nécessaire pour provoquer l'inflammation;

3° Qu'on fasse l'essai des explosifs de sûreté dans diverses conditions.

E. F.

Hâveuses électriques dans la Nouvelle-Galles du Sud

1° Hâveuses à chaînes. Les haveuses à travail discontinu, donnant des coupures de 1^m,50 de largeur sur 1^m,50 ou 1^m,80 de profondeur, sont très répandues. Les Jeffrey sont de deux types : celles pour quartiers non grisouteux avec un moteur ouvert de 17 HP, et celles pour quartier grisouteux avec un moteur de 24 HP. En charbon ordinaire, il faut 4 minutes 30 secondes pour couper le charbon et 45 secondes pour retirer la chaîne en arrière. En charbon tendre, on ne compte respectivement que 3 minutes 30 secondes et 30 secondes. (*Iron and Coal Review*, 7.I.11.)

Dans la Morgan Gardner, la vitesse de la chaîne est de 82 m par minute, le moteur continu à 250 volts tourne à 750 tours. La vitesse de déplacement moyenne sur le front est de 10 à 15 cm par minute.

La Sullivan à travail continu permet de réaliser des vitesses moyennes de déplacement de 35 à 60 cm.

2° Hâveuses à percussion. Seule la Morgan Gardner à ressort et came est employée. En charbon ordinaire, elle coupe 18 m. de longueur sur 1^m,20 de profondeur en 9 heures. Elle ne pèse que 350 kg.

3° Hâveuses à barres. Ces haveuses sont très répandues. A Mount Kembla, une haveuse de 500 volts et 20 ampères produit 164 tonnes par poste avec des coupures de 1^m,30 de profondeur, en consommant 0,16 kw par tonne et en donnant 33 % de mercure.

P.

Action des courants d'air sur les fils à plomb dans les puits.

Les fils à plomb, suspendus dans les puits, ne définissent pas exactement la verticale. Ils subissent des déviations du fait des courants d'air. Ces déviations semblent être indépendantes du sens du courant; elles sont proportionnelles à la vitesse de l'air. (*The Engineering and Mining Journal*, 11.II.11.)

Les expériences dans un puits de 210 m, avec un courant de 250 m par minute, ont montré que les déviations étaient de 1 cm à 2 cm. Dans les courants de plus de 30 m à la seconde, les résultats obtenus avec les fils à plomb sont inexacts. La déviation, qui est toujours du côté du mur du puits, semble être due aux différences de vitesse des courants d'air dans une même section.

Pour éviter ces erreurs, il vaut mieux employer une méthode d'orientation ou de plombage par vision directe au moyen du théodolite.

P.

Autocapteur d'air grisouteux.

L'autocapteur d'air grisouteux sert à faire automatiquement des prises d'air à intervalles de courte durée, toutes les heures, par exemple.

Son principe est le suivant : des bouteilles plongent verticalement dans une cuve à eau à niveau constant par l'intermédiaire de tubes en caoutchouc.

Une aiguille horizontale, mue par un mécanisme d'horlogerie, soulève successivement les différents tubes et provoque le mélange des bouteilles. En retombant dans la cuve, les tubes produisent l'obturation.

On n'obtient des prises indiquant la teneur moyenne que dans les retours d'air, où il y a brassage.

Cet appareil a le gros avantage d'éviter l'emploi d'un homme spécial pour les fours ordinaires et de pouvoir faire des prises les jours de repos. Il facilite l'étude des dégagements de grisou. (*Bulletin de l'Industrie minière*, I. 11.)

P.

TRAVAUX PUBLICS

Le percement du tunnel du Loetschberg.

Le chemin de fer de Loetschberg, dont la construction a été commencée en 1906 par un groupe d'entrepreneurs français, est un ouvrage très important et par sa situation en face du Simplon et par les difficultés d'exécution qu'il présentait pour la traversée des Alpes Bernoises.

Percée entre l'Italie et la Suisse, la ligne du Simplon manquait de débouchés vers le Nord, le crochet brusque qu'elle fait, par la vallée du Rhône, vers le lac de Genève, déviant de sa direction primitive : l'Europe Centrale (voir carte fig. 1, p. 309).

C'est donc pour créer une voie directe d'accès au Simplon que le Gouvernement Suisse a concédé à une Compagnie la ligne Berne-Simplon, qui traverse le massif du Loetschberg par une série de tunnels, et un grand souterrain de plus de 14 km de longueur. Ce dernier, qui se classe parmi les plus longs tunnels actuels, constitue l'ouvrage le plus considérable de la nouvelle ligne, et son percement, achevé le 31 mars 1911, a donné lieu à de grandes fêtes locales.

Le projet de Loetschberg prévoyait un tunnel en ligne droite de 13 735 m, à une seule voie et deux pentes inégales (7 ‰ côté Kandersteg-Berne et 38 ‰ côté Goppenstein-Brigue); un palier placé au point culminant sépare ces deux pentes. L'altitude de la ligne atteint la cote 1 244 m à ce point haut,

1180 m à la tête nord et 1220 m à la tête sud ; elle passe sous le massif du Balmhorn, dont le point culminant est à 3712 m.

Peu après l'attaque du souterrain, son exécution immédiate à deux voies fut décidée ; le profil définitif devenait alors une voûte à plein cintre de 4 m de rayon, sur piédroits de 2^m,40 de hauteur, et 0^m,74 d'épaisseur à la base. Le revêtement de la voûte est en maçonnerie de 0^m,50 d'épaisseur. La section intérieure du tunnel atteint donc 8 m de largeur aux naissances et 6^m,40 de hauteur ; un aqueduc de 0^m,60 est ménagé dans le radier, à l'axe, et recouvert d'une dalle de 0^m,15 d'épaisseur.

On a adopté, pour la construction de ce souterrain, la méthode de percement au moyen d'une galerie de base de 3^m,50 de largeur et 2^m,20 de hauteur, au-dessus de laquelle on abat le toit jusqu'à



FIG. 1. — Carte des voies ferrées des Alpes Suisses.

l'extrados de la voûte future ; les côtés sont ensuite élargis par abatages successifs, toutes ces opérations étant faites sous la protection des boisages appropriés, lorsque le rocher n'est pas assez compact pour se tenir seul. Les trous pour les mines de dynamite sont percés au moyen de perforatrices pneumatiques Ingersoll et Meyer, fonctionnant à l'air comprimé sous une pression de 7/10 kg. Des marteaux rotatifs sont employés pour les abatages et les régléments de parois. Quant à la traction des déblais et matériaux, elle est assurée par des locomotives à air comprimé marchant à 100/120 kg de pression sur voies de 0^m,75 de largeur, établies en rails de 20 kg environ au mètre courant. Une canalisation électrique à 125 volts assure l'éclairage du souterrain, éclairage qui est complété aux chantiers d'avancement par des lampes à acétylène.

Pour assurer la ventilation, on a aménagé, dès l'origine des travaux, les installations qui serviront définitivement au tunnel ; elles comprennent, à chaque tête, deux ventilateurs de 3^m,50 de diamètre commandés par des moteurs de 175 chevaux. Pour la durée des travaux, l'air est envoyé dans une gaine formée par une cloison étanche suivant le piédroit maçonné ; des ventilateurs-relais le reprennent dans cette gaine pour le distribuer,

par des conduites en tôle, aux différents chantiers de travail ; le retour de l'air vicié se fait par le souterrain. Cette ventilation est du reste renforcée par l'échappement d'air des perforatrices et locomotives ; grâce à la ventilation et au faible degré thermique des roches rencontrées, la température intérieure n'a pas dépassé 30° à 35°, tandis qu'au Simplon on a rencontré des sources chaudes atteignant 60°.

Le percement du tunnel a été arrêté du côté nord, en juillet 1908, par une catastrophe qui a eu de grandes répercussions sur l'exécution de ce souterrain : il s'agit de l'irruption subite, à l'avancement de la galerie (2675 m de la tête nord), de la masse des eaux de la Kander, rivière passant dans une vallée à 180 m de hauteur au-dessus de ce point. Le tracé du souterrain, au lieu de passer comme on le croyait au-dessous de la moraine formant la cuvette de la vallée, était tombé dans un cône d'éboulis. Vingt-cinq ouvriers furent ensevelis dans cet éboulement, et comme il ne fallait pas songer à déblayer les sables fluents amenés par une pression de 180 kg, une longueur de 1400 m de galerie fut abandonnée et fermée par un mur de 10 m d'épaisseur. Par suite, la seule solution possible fut de dévier le tunnel du côté de la partie supérieure de la vallée, afin de lui assurer un passage à une plus grande profondeur et dans un terrain meilleur (fig. 2).

Cette déviation a augmenté de 801 m la longueur primitive du tunnel, portée ainsi à 14 536 m, puis finalement à 14 605 m par des allongements des têtes en vue de la

protection contre les avalanches. En outre de cette longueur supplémentaire, la déviation introduisait dans le tracé trois courbes de 1100 m de rayon, qui ont augmenté les difficultés de direction. Malgré cela, le percement, effectué à 100 m environ côté sud de la ligne médiane, a donné un désaxement des galeries de base, ne dépassant pas 0^m,25 en plan et 0^m,10 en hauteur, chiffres insignifiants en exécution. A l'approche de la rencontre, les mines n'étaient plus tirées qu'alternativement d'un côté et de l'autre afin d'éviter les accidents.

En tenant compte de la galerie abandonnée pour la déviation et de l'arrêt qui s'ensuivit, l'avancement moyen du percement du Loetschberg ressort à près de 11 m par jour pour les deux attaques, le maximum atteint ayant été de 15 m ; ces chiffres dépassent de beaucoup ceux réalisés jusqu'à ce jour dans la perforation des grands tunnels. Ce résultat est dû à la grande puissance des installations mécaniques (pouvant fournir 4000 chevaux), aussi bien qu'à la nature favorable de la roche ; il n'y a pas eu de sources chaudes comme au Simplon, ni de grisou comme au Ricken, et un noyau de 3 km de calcaire vers le centre a donné un rendement de perforation très avantageux.

Les travaux d'élargissement et abatages des galeries, et de maçonnerie représentent encore un travail considérable, et la ligne de Loetschberg ne sera pas vraisemblablement livrée à l'exploitation avant le printemps de 1913. La traction y sera faite électriquement, par courant monophasé à 15 000 volts, fourni par des usines hydro-électriques construites dans les vallées de la Kander et de la Lonza, sur les deux versants des Alpes Bernoises.

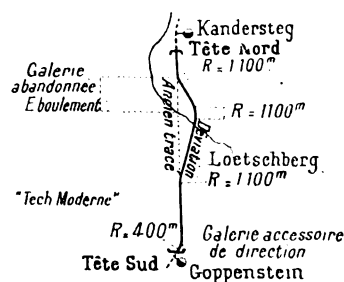


FIG. 2. — Plan du tunnel du Loetschberg (14 602 m).

NOTES DE MÉCANIQUE ET DE PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Les machines à échappement central. — Le contrôle permanent du titre des eaux d'alimentation. — Machine à détartre les tubes d'économiseurs.

Les machines à échappement central. — Jusqu'à ces derniers temps, à mesure qu'elle se perfectionnait, la machine à piston se compliquait : chaque innovation pour réduire la consommation de vapeur se traduisait par l'adjonction d'organes de plus en plus complexes et coûteux.

La machine à échappement central, dite « équitourant », du professeur Stumpf, réalise au contraire un progrès vers la simplicité, et marque le retour au monocylindre.

L'idée qui a guidé M. Stumpf était d'éviter les variations de température de la paroi dont on sait l'effet désastreux au point de vue économique. Dans le cycle habituel des machines à piston, l'admission et la détente ont lieu pendant une course, et l'échappement pendant toute la durée de la course simultanée; il en résulte que la vapeur vive, pénétrant dans le cylindre, est en contact avec la paroi refroidie par l'échappement précédent.

Pour limiter ces variations, on ne connaissait jusqu'ici d'autre moyen que la chemise de vapeur et le fractionnement de la détente dans plusieurs cylindres : plus ce fractionnement est grand, plus l'échelle de variation de la température des parois, dans un même cylindre, est évidemment petite, d'où l'intérêt des multiples expansions.

Le principe du professeur Stumpf est tout à fait différent : il prend un cylindre de longueur égale à deux fois la course, et un piston de longueur égale à la moitié du cylindre, c'est-à-dire sensiblement à une course; l'échappement est au centre, l'admission à chaque extrémité et la vapeur travaille alternativement sur chaque face du piston, mais toujours dans le même sens, comme le ferait un courant continu de vapeur allant de l'admission à l'échappement, d'où le nom d'équitourant donné à ce type de machine.

L'intérêt du dispositif réside en ceci :

Comme d'une part, lors de l'échappement, l'intérieur du cylindre n'est mis en communication avec le condenseur que pendant un temps très court et que, d'autre part, le courant de vapeur froide ne vient pas lécher les organes d'admission, les conditions, au point de vue de l'effet nuisible des parois, sont beaucoup plus favorables que dans les machines ordinaires. Comme, en outre, la compression est très élevée et atteint la pression d'admission, les surfaces nuisibles sont fortement réchauffées pendant le travail de compression, de sorte que la vapeur fraîche pénètre dans un espace dont les parois, ainsi que le fluide qu'elles contiennent, possèdent une température au moins égale à la sienne.

Tout échange de chaleur aux dépens de la vapeur vive admise dans le cylindre est réduit au minimum et les condensations initiales,

moteurs, qui permet, en un seul cylindre, de pousser la détente aussi loin que dans les machines polycylindriques, et d'une façon aussi économique.

L'avantage pratique est encore plus considérable et porte sur la grande simplicité : réduction à un seul du nombre des cylindres et réduction à deux ou trois des organes de distribution, alors que les machines monocylindriques usuelles, actuellement, en possèdent quatre.

MACHINE À ÉCHAPPEMENT CENTRAL (SYSTÈME STUMPF). — Cette machine, construite par la Société alsacienne, figurait à l'Exposition de Nancy (1).

Elle est représentée schématiquement par la figure 1. Lorsque la soupape d'admission C est ouverte, le piston est chassé du point mort A au point mort B; c'est la course de détente, au bout de laquelle a lieu l'échappement par les orifices D (en communication) avec le condenseur que vient de découvrir le piston. Le piston, revenant ensuite vers le point mort A, referme rapidement ces lumières, ne laissant le cylindre en communication avec le condenseur que pendant une fraction très petite de la course, puis comprime for-

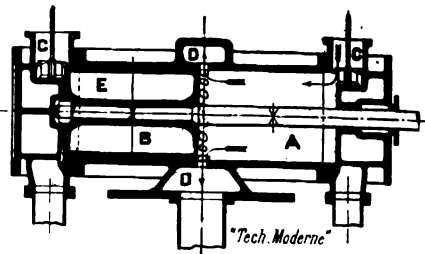


FIG. 1. — Schéma de la machine à échappement central (système Stumpf).

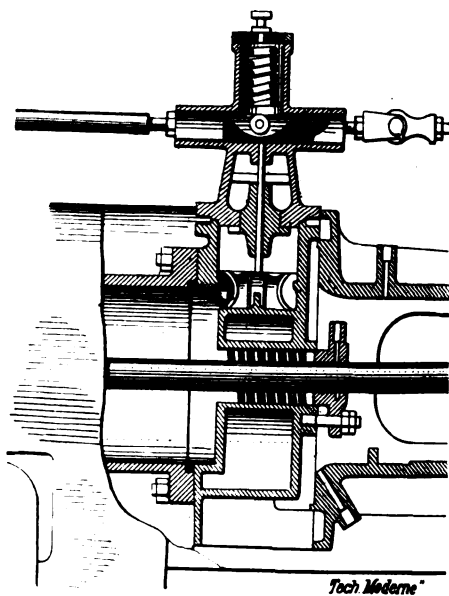


FIG. 2. — Dispositif du mouvement de distribution de la machine à échappement central (système Stumpf).

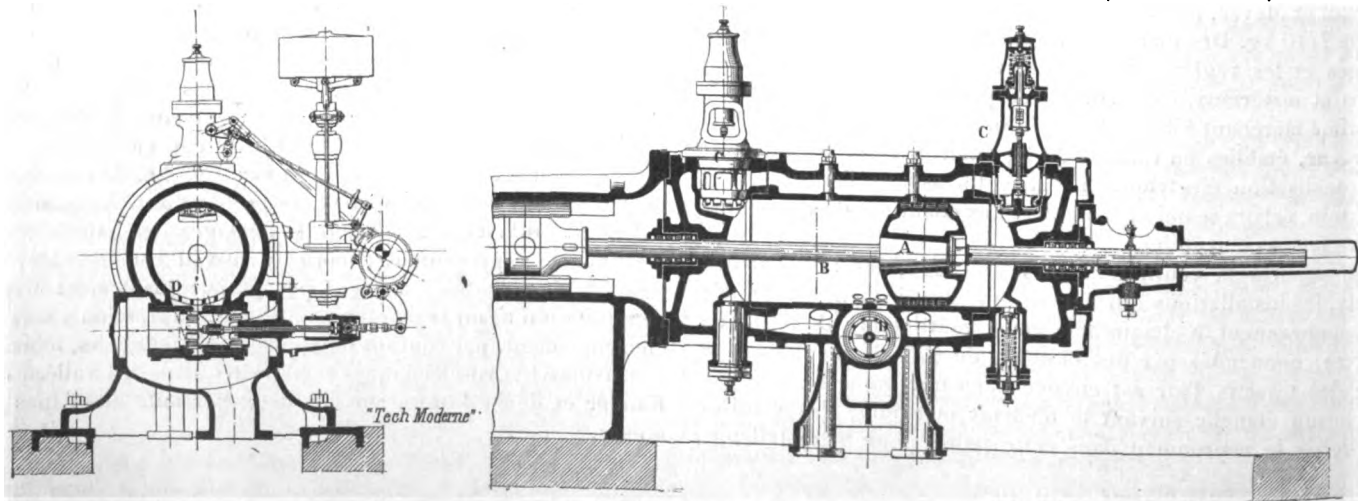


FIG. 3. — Schéma de la machine à échappement central (système Piguet).

influencent défavorablement la consommation, sont presque totalement évitées. Tel est l'avantage technique de cette catégorie de

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 10 (septembre 1909), p. 480.

tement la vapeur restée dans le cylindre. Lorsque le piston est arrivé au point mort A, l'autre face du piston met à son tour le côté B du cylindre en communication avec le condenseur à travers les orifices d'échappement D, et ainsi de suite.

Cette machine ne comprend donc que deux distributeurs, constitués par deux soupapes équilibrées.

Le mouvement de distribution (fig. 2, p. 310) comprend une barre horizontale munie de galets qui agissent sur des cames fixées aux tiges de soupapes; l'étanchéité de celles-ci est obtenue par des rainures (joint à labyrinthe).

La barre horizontale reçoit son mouvement de l'arbre moteur par excentrique, levier et bielle, et la course en est réglée par un régulateur axial réalisant automatiquement des admissions variables de 0 à 40 %; l'admission normale est d'environ 10 %.

MACHINE A ÉCHAPPEMENT CENTRAL (SYSTÈME FIGUET). — La maison Pignet, de Lyon, a construit de son côté, un type de machine à échappement central; toutefois, l'échappement est commandé par un organe spécial, ce qui permet de réduire la longueur du piston. Le cylindre comporte trois distributeurs au lieu de deux comme dans la machine précédente, mais l'encombrement est évidemment plus réduit.

Le fonctionnement, en principe, est le même : Considérons le côté AR du cylindre, et supposons, comme l'indique la figure 3 (p. 310), le piston au point mort A; la vapeur est admise par la soupape C pendant une fraction de la course réglée automatiquement par le régulateur; le piston continue sa course jusqu'au point mort B; à ce moment, le piston-valve D ouvre la communication avec le condenseur et l'échappement dure jusqu'à ce que le piston, revenant sur sa course, ait obturé les lumières; à partir de ce moment, commence la compression de la vapeur, qui est très forte, puisqu'elle est d'environ 50 %.

Cette machine peut convenir, aussi bien que la précédente, pour les fortes surchauffes, les distributeurs d'admission, les soupapes pouvant fonctionner sans graissage.

Le contrôle permanent du titre des eaux d'alimentation. — L'intérêt de l'épuration des eaux d'alimentation des générateurs, au double point de vue de l'économie et de la sécurité, n'est plus à démontrer : on conçoit aisément qu'une tôle propre laisse passer la chaleur

qu'une tôle couverte d'une couche de sel mauvais conducteur de la chaleur.

Les épurateurs chimiques résolvent le problème, mais dans la plupart, la soude n'est pas dosée « volumétriquement »; autrement dit, on n'est pas certain que, malgré des débits variables, une même proportion de soude sera toujours mélangée à

hydrométrique. Les usines où l'on fait chaque jour une analyse de l'eau sont l'exception. Il n'y a guère que dans les usines chimiques où l'on procède de temps à autre, à des essais de ce genre, parce qu'elles ont des laboratoires.

Il existe, dans un peignage de Verviers, un analyseur d'eau alimentaire, robuste et pratique, installé à demeure sur la batterie des générateurs, et qui paraît répondre au besoin de beaucoup de chaufferies.

En principe, l'analyseur Schmitz (fig. 1) sert à déterminer, à un moment quelconque, par une manipulation élémentaire qui peut être laissée à la charge du chauffeur lui-même, la quantité exacte de soude nécessaire, chaque jour, à tenir les chaudières exemptes d'incrustation.

L'appareil est monté, à proximité des générateurs, et se trouve en communication avec eux par le niveau d'eau; une vanne permet d'isoler successivement les chaudières de façon à n'employer qu'un seul appareil pour le contrôle de toute une batterie. La manipulation est la suivante : les godets E et F contiennent deux réactifs chimiques que des robinets permettent d'admettre respectivement dans les tubes A et B; on introduit quelques gouttes du premier réactif dans le tube A, puis l'eau du générateur, qui se trouve ainsi colorée; on introduit ensuite quelques gouttes du second réactif dans le tube B, et l'on fait passer l'eau du tube A dans le tube B; si la quantité de soude présente est suffisante, la coloration est détruite.

Pratiquement, on ajoute le second réactif, goutte à goutte, de façon à suivre la décoloration. On peut de la sorte déduire du nombre de gouttes la quantité en excès ou manquante, de désincrustant.

Dans les débuts de l'installation, l'essai était fait trois fois par jour; actuellement, le contrôle de l'eau étant entré dans les habitudes de la chaufferie, on se contente d'un essai tous les deux ou trois jours.

Machine à détartre les tubes d'économiseurs. — La désincrustation des tubes d'eau est un problème peu aisé qu'on ne cherche presque jamais à résoudre sur les économiseurs; c'est à tort, car si les parois d'un économiseur ne sont pas propres et si la chaleur y est mal utilisée, l'intérêt de l'appareil diminue considérablement; c'est pourquoi les constructeurs de réchauffeurs emploient des raclettes mécaniques permanentes pour enlever les suies; ce qui a été jugé indispensable pour l'extérieur du tube, l'est tout autant pour l'intérieur.

La machine Lamarre, que nous avons vue opérer dans une fabrique de levure d'Amiens, a été spécialement conçue pour les économiseurs. Elle comprend essentiellement un arbre (de longueur égale à celle des tubes) portant en bout des lames, dont l'écartement est réglé par un volant, selon l'épaisseur à désincruster.

Cet arbre, qui est cannelé afin de permettre son enfoncement à l'intérieur du tube, sans gêner le mouvement de rotation, reçoit son mouvement de rotation d'un autre arbre horizontal commandé par courroie; l'ensemble est monté sur un châssis, avec galopin tendeur, de façon que le déplacement de la machine ne nécessite ni arrêt de la transmission ni réglage de la courroie.

Un seul homme peut, sans fatigue, détartre plusieurs tubes à l'heure; lorsque ce tube est très incrusté, il faut naturellement plusieurs passes pour amener le tube à propreté complète. Ajoutons que la meilleure manière de se rendre compte si un tube est propre ne consiste pas à l'éclairer à un bout et à juger du « brillant », comme on le fait usuellement (fréquemment, en effet les molettes polissent les incrustations qui réfléchissent la lumière comme un véritable miroir), mais à introduire à l'intérieur du tube un calibre du diamètre exact.

J. IZART.

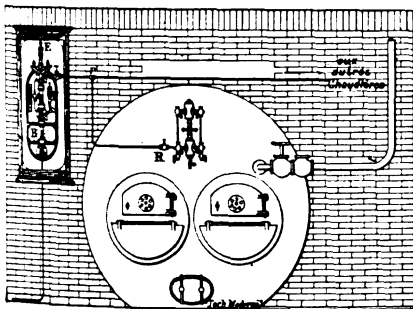


Fig. 4. — Dispositif de l'analyseur (système Schmitz).

l'eau brute. En tous cas, aucun de ces épurateurs ne remédie aux variations du « titre » de l'eau brute, variations souvent considérables, en particulier pour les eaux du bassin parisien.

Il en résulte que l'emploi des épurateurs d'eau d'alimentation suppose, implicitement, un moyen régulier et permanent de contrôle

NOTES D'ÉLECTRICITÉ

Étuves destinées au matériel électrique. — Les enrouleurs appliqués aux dynamos et aux moteurs électriques. — Catégories officielles et mise à la terre du point neutre.

Étuves destinées au matériel électrique. — Seules, jusqu'à ces dernières années, les maisons de construction électrique possédaient des étuves. Depuis quelque temps, de nombreuses industries se sont trouvées dans la nécessité de sécher et de réparer, sur place, un matériel électrique important; aussi, plusieurs ont-elles décidé la création

d'étuves dans leurs ateliers. Pendant l'étude de ces nouvelles installations, plusieurs questions se sont posées.

Il semble, tout d'abord, qu'au point de vue du volume, une étuve ne doit pas dépasser 20 m³; une étuve en maçonnerie aura, par exemple, 3 m × 3 m × 2 m et une étuve métallique un diamètre de 2 m,50 sur une longueur de 4 m, grandeurs suffisantes pour renfermer de grosses pièces, et n'entraînant qu'une dépense de temps minime pour atteindre à nouveau la température voulue, après ouverture. Reste à déterminer le genre à adopter pour l'étuve ainsi dimensionnée. Deux catégories

sont en présence : les étuves en maçonnerie et les étuves métalliques, elles-mêmes différenciées par le mode de chauffage.

Ordinairement, les premières seront disposées au-dessus d'un foyer qui portera leur atmosphère à la température cherchée, soit avec, soit sans circulation d'air. Dans le cas de la circulation, l'air est rejeté à l'extérieur, entraînant avec lui l'humidité ou les autres vapeurs. Le chauffage à la vapeur convient plus particulièrement aux étuves métalliques. Celles-ci, en raison de la facilité avec laquelle elles peuvent être rendues étanches, sont très souvent munies d'un dispositif à vide.

Le genre de matériel à traiter guidera le choix du type à adopter, et pourra même nécessiter la construction des deux types différents à côté l'un de l'autre.

S'il s'agit de pièces neuves avec enroulements vernis, l'étuve à circulation d'air chaud sera utile, la plupart des vernis tenant leur qualité d'une oxydation rapide à température élevée. Avant d'être placé dans cette étuve, le même matériel peut être enfermé, avec avantage, pendant quelque temps, dans une étuve à vide, opération qui permet aux vernis de se débarrasser des divers produits volatils qui, les rendant liquides, les ont rendus faciles à utiliser.

S'il s'agit de séchage, toutes les étuves conviennent; cependant, les plus rapides sont celles à circulation d'air (pour le matériel présentant de grandes surfaces), et celles à vide (pour les machines blindées à enroulements peu accessibles). Les constructeurs et directeurs d'ateliers importants de réparation ont intérêt à posséder les deux types.

L'emplacement à réserver aux étuves doit être choisi, sauf indication particulière, à proximité des ateliers de bobinage et des salles de chauffe ou des salles de machines. Une manutention onéreuse du matériel est ainsi évitée; d'autre part, il est naturel de placer les étuves auprès des réserves de combustible ou des appareils fournissant la vapeur.

Au point de vue de la consommation, la disposition des canalisations de vapeur, et en particulier le choix du foyer, ont la plus grande importance. De l'emploi de foyers simples ou de foyers fumivores, établis avec soin, peut résulter une consommation variant du simple au double. Une étuve de 18 m³, à circulation d'air chaud, pourra consommer, par exemple, en entretenant une température de 85° à 100°, de 75 kg à 100 kg d'anthracite par vingt-quatre heures. Une étuve à vide de 20 m³ sera munie d'une pompe à vide à piston actionnée par un moteur de 2 à 3 chevaux; le vide sera obtenu de la sorte en cinq minutes.

La méthode qui consiste à utiliser les condenseurs d'une station voisine pour faire le vide, est peu à recommander en raison d'un retour d'eau toujours possible.

Il existe un dispositif, applicable aux étuves à chauffage par vapeur, très économique. Ce procédé, employé aux Etats-Unis, consiste à employer, dans le serpent de circulation, une partie de la vapeur d'échappement de machines qui se rend aux condenseurs : le jeu d'une simple valve permet ainsi d'obtenir une gamme de températures très variées.

Les enrouleurs appliqués aux dynamos et aux moteurs électriques. — La grande facilité d'installation des moteurs électriques et leur très faible volume leur ont permis de satisfaire aux exigences des commandes les plus variées des ateliers. Néanmoins, leur grande vitesse offrait, dans certains cas, des inconvénients pour les commandes par courroies, et si l'appareil, connu sous le nom d'enrouleur, a commencé de se répandre, précisément au moment des grandes électrifications d'usines, c'est parce que les qualités de cet appareil complétaient celle du moteur électrique en accroissant encore sa souplesse d'installation. — L'enrouleur, quelle qu'ait été sa construction, a eu cependant des ennemis ou, plutôt, nombreux furent les industriels qui lui refusèrent, il y a dix ans, leur confiance. — La pratique a prouvé que cette méfiance était absolument injustifiée et a permis d'enregistrer, dans un grand

nombre d'installations, des résultats absolument conformes à la théorie.

L'enrouleur peut avoir des formes très variées, suivant la direction de la courroie et la place à donner au galet tendeur; dans tous les cas, cet appareil a une forme trop simple et trop connue pour justifier une description; disons seulement que le galet est monté sur roulements à billes. Un enrouleur trouve son emploi :

1° Lorsque le rapport des vitesses des deux arbres à réunir par une seule courroie est compris entre 1/6 et 1/20 ;

2° Lorsque, avec un rapport de vitesse même supérieur à 1/6, la distance des arbres est trop faible pour permettre d'avoir, sur la petite poulie, un angle d'enroulement convenable ;

3° Lorsque la courroie est verticale.

L'enrouleur fait réaliser une très importante économie, non seulement en évitant l'emploi d'un arbre intermédiaire, mais en permettant de réduire considérablement la section de la courroie. On sait, en effet, que, sans enrouleur, l'effort utile sur la courroie est au plus le 1/3 de l'effort total du brin conducteur, donc le 1/5 de l'effort total sur les paliers, tandis qu'avec l'enrouleur, l'effort utile est les 9/10 de l'effort total du brin conducteur. Il en résulte la suppression presque complète de la puissance absorbée dans les paliers, économie qui s'ajoute à celle de la courroie. L'enrouleur permet de supprimer les glissières du moteur ou de la dynamo.

En outre, la courroie s'allongeant quand l'effort augmente, le galet augmente aussitôt l'angle d'enroulement; il est donc autorégulateur.

En résumé, cet appareil, extrêmement répandu maintenant, rend et rendra les plus grands services, principalement avec les moteurs électriques et les dynamos. Il permet de réunir, dans d'excellentes conditions mécaniques, des poulies dont les diamètres sont dans le rapport de 1 à 20, ce qui ne peut être obtenu autrement qu'avec un arbre intermédiaire ou encore avec un seul engrenage à taille tout à fait spéciale et toujours avec des complications et de grands frais.

L'enrouleur offre un inconvénient, celui d'obliger à employer exclusivement des courroies collées, mais il faut tenir compte du fait qu'il dispense de retoucher souvent aux courroies, puisqu'il compense automatiquement leur allongement.

Cet appareil peut être installé sans palier auxiliaire pour des puissances inférieures à 20 chevaux aux vitesses normales, et son prix modeste dans ces conditions le rend tout particulièrement intéressant. Il suffit que le nez du palier du moteur permette d'y pratiquer une gorge d'appui suffisante.

Catégories officielles et mise à la terre du point neutre. — Une installation électrique privée, mais comportant une courte traversée du domaine public, consistait en une distribution à 220 volts en courant alternatif triphasé sans mise à la terre du point neutre.

Elle se trouvait de la première catégorie en ce qui concerne le décret du 21 mars 1910, qui est applicable, étant donnée la traversée de voie publique, mais elle appartenait à la seconde catégorie en ce qui concerne le décret du 11 juillet 1907, relatif à l'hygiène et à la sécurité des travailleurs dans les établissements industriels.

Pour faire cesser cette anomalie, le propriétaire fit effectuer la mise à la terre réelle du point neutre qu'exige seulement le décret de 1907, en munissant chaque poste (transformateurs ou alternateurs) d'une plaque de cuivre enfoncée dans le sol et convenablement connectée.

Des inconvénients résultèrent de cette disposition, quelques contacts d'un seul fil de ligne avec la terre ayant, depuis son adoption, suffi à provoquer des courts-circuits préjudiciables aux enroulements, et les choses viennent d'être rétablies en leur état primitif.

Il vaut mieux, dans un cas semblable, se mettre en règle avec les conditions relatives à la seconde catégorie.

E. SOUPET,
Ingénieur des Arts et Manufactures,
Directeur du B. T. E.

NOTES DE MÉTALLURGIE

Un nouveau laminoir continu. — La résistance au feu des briques Dinas. — Le chauffage des fours Martin avec les gaz de fours à coke.

Un nouveau laminoir continu. — Il s'agit d'un train Morgan, que M. Illies décrit dans *Stahl und Eisen*, et qui a été installé à Laura-

hütte. Nous en donnons les caractéristiques principales. Ce train doit fabriquer des fers ronds et carrés depuis 5 mm et jusqu'à 20 mm, des feuillards, des cornières et des profilés, en partant de billettes de 57 mm à 37 mm de côté. Les billettes sont réchauffées dans un four à récupération du type Morgan, qui a une longueur de 9 m et contient 13 tonnes de billettes. Le gaz est produit dans

trois gazogènes Morgan de 2 m, 50 de diamètre intérieur. On dépense 90 kg de charbon par tonne de billettes à réchauffer; le charbon contient 32 % de matières volatiles; le gaz produit tient 29,8 % d'oxyde de carbone. Les gazogènes sont à alimentation continue. L'air et le gaz entrent dans le four à une température de 475° C; la sole du four est construite avec des briques de magnésie pour éviter la formation des scories liquides. L'inclinaison de la sole est de 1/6. A la sortie du four, les billettes sont découpées en deux, trois ou plusieurs morceaux égaux avec une cisaille à vapeur, et les morceaux sont portés devant le train, qui est composé de 6 cages placées l'une derrière l'autre. La première a des cylindres de 312 mm de diamètre, les deux suivantes de 305 mm, les deux autres de 250 mm et les deux dernières de 205 mm. Une machine horizontale tandem de Ehrhardt et Lehmer de 1 600 chevaux conduit le train. Elle est à condensation par surface et consomme 9 750 kg de vapeur avec un vide de 85 % et 15 000 kg à 85 % avec de l'eau de refroidissement à 28° C. La commande aux cages du train se fait par engrenages et bielles; les dernières cages sont commandées par courroie. Cette courroie contient des fils d'aluminium et de cuivre; le volant de la machine pèse 58 tonnes. Les refroidisseurs ont 76 m de longueur; ils sont spéciaux et entraînent les pièces dans des gouttières, d'où on les enlève au moyen d'un pont, ou bien les feuillards sont enroulés autour de bobines spéciales alors qu'ils sont encore rouges. Les boîtes sont détachées des bobines et emportées par un convoyeur.

Les trains Morgan font le laminage avec moins de passes que les trains réversibles et exigent moins de puissance. Ils sont peu employés en France et c'est un tort.

La résistance au feu des briques Dinas. — Les briques Dinas, qu'on emploie en si grandes quantités dans les fours Martin, sont détériorées de deux façons, soit qu'elles fondent, soit qu'elles se fissurent en perdant leur résistance. Les fabricants savent qu'une cuisson mal conduite provoque des détériorations. On arrive, en opérant sans soins, à faire augmenter le volume des briques de 30 %; la brique dilatée et fissurée est de valeur presque nulle. Une brique Dinas, qui a subi pendant longtemps le feu du four, à la température de 1 200°, change de couleur et de structure et est composée de cristaux de tridymite.

La silice a deux formes cristallines: le quartz, qui a une densité de 2,65, et la tridymite, dont la densité est de 2,32. Porté au rouge, le quartz se transforme en tridymite et ne dévie plus le plan de polarisation. Le sable des soles acides se transforme également en tridymite.

Le terme final des transformations des matériaux acides du four Martin est donc la tridymite cristalline ou poreuse, qui n'a pas de résistance, bien que ses cristaux soient durs. Ce qui provoque le décollement de ces cristaux, c'est l'augmentation de volume due à la transformation du quartz en tridymite, et c'est pourquoi il faut chauffer lentement les briques Dinas pour éviter la désagrégation. Un chauffage lent empêche le décollement des petits cristaux.

Les briques Dinas siliceuses ordinaires du commerce sont constituées par des fragments de quartz liés entre eux par une scorie ou un verre composé de silicates de fer, de chaux, de magnésie, d'alumine. La température de formation de ce verre peut être déduite de la température de fusion des quelques silicates ci-après:

FeOSiO ₂	fond à	1 100°
4FeOSiO ₂ + CaOSiO ₂	—	1 030°
CaOSiO ₂	—	1 512°
2CaOSiO ₂ + MgOSiO ₂	—	1 270°
MnOSiO ₂	—	1 218°
7MnOSiO ₂ + CaOSiO ₂	—	1 181°

Quand on élève la température de la brique Dinas à 1 450°, le quartz se transforme en tridymite, le verre formant liaison dissout le quartz, mais moins facilement la tridymite. Dans les Dinas du commerce, la transformation du quartz n'est pas terminée et on a un mélange de cristaux de quartz et de cristaux de tridymite unis, par la scorie; il est évident qu'il vaut mieux que cette transformation ait eu lieu avant l'emploi des briques que pendant leur utilisation dans les fours.

Un quartzite du sud de la Russie non cuit a une densité de 2,66 à 2,67

DENSITÉ

	DENSITÉ
Un quartzite cuit à 1 200°	2,59
Un Dinas cuit à 1 400°	2,50
Un Dinas fissuré	2,44
Un Dinas avec tridymite obtenu par une cuisson de plusieurs mois dans le four Martin	2,33

Plus la brique a de silice quartzeuse, plus longtemps il faut évidemment la chauffer pour la transformer en tridymite; plus le quartz est fin, plus la transformation est rapide: la meilleure matière pour Dinas n'est donc pas le sable blanc comme du lait ni les gros quartzites purs, mais une silice tenant un peu de fer et d'alumine en éléments fins. On peut transformer ce mélange à 1 450°, tandis que celui qui a des grains grossiers doit être chauffé lentement entre 1 500° et 1 600°.

Tel est, du moins, l'avis de M. Grum-Grzimailo, de Saint-Petersbourg, qui a publié dans Stahl und Eisen une étude accompagnée de belles micrographies.

Le chauffage des fours Martin avec les gaz de fours à coke. — La Société Cockerill a tenté de chauffer un four Martin de 4 tonnes avec le gaz de ses fours à coke. M. *Emil Trassenster* examine dans la Revue universelle des Mines et de la Métallurgie les résultats favorables obtenus, d'autre part, avec un four de 7 tonnes. Il donne la composition du gaz de gazogène et celle du gaz de fours à coke dans le tableau ci-après:

	GAZ DE GAZOGÈNE		GAZ DE FOUR À COKE	
	Poids %.	Volume %.	Poids %.	Volume %.
Acide carbonique	11,5	7,5	5,6	1,5
Oxyde de carbone	22,8	19,3	16,4	6,0
Méthane	0,8	1,3	33,8	22,5
Hydrogène	0,9	12,3	9,8	57,0
Azote	64,0	59,6	34,4	13,0

Si l'on estime qu'une combustion complète exige un excès d'air de 6 %, il faut, pour 1 kg de gaz de gazogène, environ 1 kg 2 d'air; et, pour 1 kg de gaz de four à coke, 12 kg. 9 d'air. La chaleur des gaz brûlés est employée par moitié au chauffage de l'air et à celui des gaz dans le cas des gaz de gazogène.

Dans le cas des gaz de fours à coke, on n'a pas besoin de réchauffer ces gaz et on envoie, de ce fait, les gaz brûlés plus chauds à la cheminée (525° C au lieu de 450° C), mais la chaleur de combustion, calculée d'après l'unité de poids des gaz brûlés, est très différente de celle du cas précédent; on trouve les constantes suivantes:

	GAZ de gazogène	GAZ de four à coke
Calories par mètre cube	1 024	3 640
Poids par mètre cube	1 kg. 09	0 kg. 43
Calories par kilogramme	940	8 460
1 kg de gaz donne en gaz brûlé	2 kg. 2	13 kg. 9
1 kg de gaz brûlé donne	427 cal.	634 cal.

Si le bain a besoin, dans les deux cas, de la même quantité de chaleur, l'emploi des gaz de fours à coke produit 33 % de moins de gaz brûlés à la cheminée, et bien que chaque kilogramme de ces gaz, dans ce dernier cas, laisse perdre 16,5 % de plus de chaleur, le rendement thermique est encore meilleur.

L'échange de chaleur entre les gaz et le bain dépend d'abord de la différence de température entre les deux. Théoriquement, dans le cas du gaz de gazogènes, pour un réchauffage du gaz et de l'air jusqu'à 900° C, la température de combustion est de 2 070° C; dans le cas de gaz de fours à coke, elle serait de 2 310° C. La durée de l'opération est donc diminuée dans ce dernier cas.

Mais les choses ne se passent pas tout à fait comme la théorie le prévoit; le gaz se dissocie, il faut un excès d'air, etc.; quoi qu'il en soit, l'avantage reste au gaz de fours à coke. 1 m³ de ce gaz vaut 0 kg, 90 de charbon de gazogène et 1 kg, 02 de charbon de chaudière; il est préférable de l'employer dans le four Martin que dans les moteurs à gaz.

P. BREUIL.

NOTES DE CHIMIE

Combustibles de faible valeur. — Constituants volatils du charbon. — Sur la combustion spontanée du charbon. — Dépôts et crasses des machines. — Précipitation granulaire de l'hydrate aluminique. — Accidents au blanchiment. — Huiles de créosote. — Le lait végétal. — La norgine, nouveau produit servant à apprêter les tissus.

Combustibles de faible valeur. — M. l'ingénieur A. Dessemond expose, dans le Bulletin de la Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne (mars 1911), les résultats obtenus, par une Commission allemande du bassin rhéno-westphalien, sur l'utilisation des combustibles de faible valeur.

Les déchets de houille sont principalement :

1° Des matériaux à gros grains, dont la teneur en cendres peut atteindre 50 % et la teneur en eau 10 %. Ce sont ou des houilles très impures, ou les produits intermédiaires du lavage ;

2° Des matériaux à grains fins, dont la teneur en cendres va jusqu'à 40 % et celle en eau à 30 %. Ce sont les poussières de houille et les schlamms ;

3° Les poussières de coke, résultant soit de l'extinction, soit du concassage, et dont la teneur en cendres peut atteindre 30 % et celle en eau 10 %.

Sans entrer dans le détail des essais, voici les premiers résultats obtenus :

1° Il est possible de brûler, pratiquement et d'une manière économique, dans les foyers de chaudières, des déchets grenus de lavage dont la teneur en cendres peut atteindre 45 %. Mais il y a intérêt à employer ces produits aussi secs que possible.

Les foyers ordinaires à tirage naturel ont paru donner des résultats supérieurs à ceux fournis par les foyers soufflés, sauf lorsque la teneur en cendres diminue.

2° Les schlamms, plus riches en eau que les déchets grenus de lavage, mais contenant une moindre proportion de cendres (15 % à 17 %), brûlent bien sur les foyers à soufflage par ventilateurs et sur les foyers ordinaires à tirage naturel. Ils donnent des résultats moins bons sur des foyers soufflés à la vapeur.

3° Les poussières de coke, employés seuls, ne brûlent convenablement que sur des foyers soufflés.

Les foyers à soufflage par la vapeur ont paru donner, avec ce combustible, des résultats supérieurs à ceux fournis par les foyers à soufflage par ventilateur.

L'influence de la forme de la grille est extrêmement importante pour obtenir une bonne utilisation du poussier de coke : les barreaux doivent être très rapprochés, et la séparation des vides et des pleins réalisée de manière que la circulation de l'air puisse se faire avec la plus grande régularité sur toute la surface de la grille.

On peut employer au besoin des foyers ordinaires à tirage naturel pour réaliser la combustion d'un mélange de poussier de coke et de déchets de lavage ; les résultats donnés par ces foyers sont, dans ce cas, très comparables, au point de vue économique, à ceux donnés par les foyers soufflés.

4° L'agglomération des poussières de coke destinés à la combustion dans les foyers de chaudières, est indiquée surtout lorsqu'on peut se procurer un agglomérant à prix peu élevé. On évitera de la sorte l'emploi du foyer soufflé et on réalisera une activité plus grande de la vaporisation dans les chaudières.

M. Dessemond loue particulièrement la Commission pour la simplicité et la concision de la formule suivante qu'elle a adoptée en vue de l'évaluation des houilles :

$$0,0125 \frac{\text{pouvoir calorifique}}{\text{teneur en cendres} + 1/2 \text{ teneur en eau}} = \text{valeur en francs.}$$

On obtient en appliquant cette formule :

pour une tonne de bonne houille ayant un pouvoir calorifique 7 500 calories, une teneur en cendres 5, une teneur en eau 4 ; valeur 13 fr. 38 ;

pour une tonne de poussier de coke (6 500 calories, 18 et 14) ; 3 fr. 25.

pour une tonne de schlamms (6 775 calories, 16 et 22) ; 3 fr. 13.

pour une tonne de produits intermédiaires du lavage (7 200 calories, 12 et 10) ; 5 fr. 30.

Constituants volatils du charbon. — Les constituants volatils du charbon (*) ont été étudiés à nouveau par MM. J. Burgess et R. F. Wheeler, de la Chemical Society de Londres (Proceedings, n° 384, p. 70). Ils ont porté plus particulièrement leurs dernières recherches sur la composition des gaz qui se dégagent aux stades successifs de la distillation, lorsque celle-ci est effectuée à une température uniforme. Ils ont trouvé que le charbon renferme deux types de composés par rapport à la faculté de décomposition. L'un comprend les composés les plus faciles à décomposer, en cédant des paraffines, mais pas d'hydrogène ; l'autre comprend les composés difficiles à décomposer, et cédant de l'hydrogène sans paraffines, mais parfois des oxydes de carbone. Les charbons ne diffèrent l'un de l'autre que par la proportion des composés se référant à ces deux types.

Les charbons ne renferment, en dehors du carbone et de traces de soufre, etc., que ces deux ordres de composés, qui présentent des propriétés si différentes sous l'action d'un même agent, la chaleur. Les auteurs regardent les composés à hydrogène comme provenant de la dégradation de la cellulose, tandis que les composés à paraffines proviendraient des gommés et résines contenues dans la sève des végétaux générateurs des charbons. Ces composés à paraffines peuvent être extraits en quantité par dissolution dans la pyridine, comme P. P. Bedson l'a montré en 1908 (Journal of the Society of chemical industry), et ils forment dans les charbons une sorte de ciment qui entoure les composés à hydrogène, lesquels fournissent la véritable base des charbons.

Sur la combustion spontanée du charbon. — L'Engineering experiment Station, de l'Université d'Illinois, étudie, dans son bulletin n° 38, la perte que le charbon subit dans les deux semaines qui suivent sa sortie de la mine ; il perd des hydrocarbures, spécialement du méthane, et il absorbe de l'oxygène (*). L'absorption de l'oxygène est une véritable incorporation dans la molécule, et par conséquent une oxydation.

Dans le Bulletin n° 24 l'oxydation des charbons au-dessus de 120° avait été étudiée ; la formation de l'acide carbonique commence à 125°-135°, pour s'accroître vers 200°, et devenir autogène à 180°.

La combustion apparaît, pour un charbon à gaz en poudre, à 196° dans l'oxygène ; pour une anthracite en poudre, il n'y avait encore rien à 310° dans l'air. L'acide carbonique apparaissait vers 125°.

La présence de la pyrite, 5 %, suffit pour contribuer à élever la température du charbon de 75°.

Dans l'air, la combustion spontanée se produit au-dessus de 350° : les apports extérieurs de calories (tuyaux de vapeur, soleil, densité de la charge). L'état de division, la présence de pyrites fournis par l'humidité, la tendance de certains charbons à s'oxyder avec formation d'acide carbonique au delà de 140° contribuent à la déterminer.

Conclusions pratiques : pour éviter la combustion spontanée du charbon, évitez le contact avec les sources de chaleur ; éliminez les poussières de charbon ; préservez de l'humidité.

Dépôts et crasses des machines. — D'après M. J. E. Southcombe, les dépôts qui se produisent dans les diverses machines motrices, principalement dans les cylindres, les soupapes, les tubes de graissage, renferment toujours de l'huile, mais les causes de leur production varient avec la machine (J. of the S. of chemical industry, 1911, p. 261).

Dans les machines à vapeur, la cause la plus efficace est l'action hydrolytique de la vapeur elle-même sur les glycérides des corps gras. On sait combien les acides gras mis en liberté exercent une action corrosive dans les machines à vapeur surchauffée. Mais, même avec les huiles non saponifiables, on trouve des dépôts dans les cylindres ; ces dépôts sont formés d'oxyde magnétique de fer arraché aux parois par la vapeur surchauffée (86 % de Fe²O³), et de matière bitumineuse consistant surtout en hydrocarbures à haute polymérisation (90 à 94 de carbone pour 9 à 6 d'hydrogène) soit 14 %.

Les hydrocarbures (peuvent donner des acides, qui se combinent aux traces de cuivre et de fer, et ne restent qu'en faible quantité à

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 12 (Décembre 1910), p. 712.

(2) Voir sur les gaz occlus dans le charbon : *Engineering experiment Station de l'Université d'Illinois*, Bulletin n° 32.

l'état libre. Voici encore l'analyse d'un de ces dépôts : huile non modifiée soluble dans le pétrole, 54 ; matière bitumineuse soluble dans l'éther, 22,2 ; matière bitumineuse insoluble dans l'éther, mais soluble dans le sulfure de carbone, 11,5 ; acides organiques, 4,1 ; cendres, 3,8 ; eau et différence, 4,4 %. La cendre est formée d'oxyde de cuivre, 32 ; oxyde de fer, 55 ; silice, chaux et différence, 13.

Les dépôts des machines à gaz sont de deux sortes : ceux où l'huile de graissage a subi une décomposition, et ceux qui restent indépendants de l'huile.

D'après M. Southcombe, l'origine la plus fréquente des accidents dans les moteurs à gaz est la présence de produits sulfurés dans le gaz. Les vapeurs de soufre et l'anhydride sulfureux attaquent l'huile ; ils forment avec elle un composé peu stable, et il est rare que les dépôts ne contiennent pas du soufre. Voici l'analyse de l'un de ces dépôts : matière goudronneuse soluble dans l'éther, 49,6 ; bitume insoluble et carbone, 12,6 ; soufre libre soluble dans le chloroforme, 4,8 ; soufre combiné, 4,2 ; oxyde de fer, 35. Le soufre libre se combine avec le fer : c'est la cause des corrosions et des dépôts dans les cylindres.

Précipitation granulaire de l'hydrate aluminique. — Comment empêcher, au cours des déterminations analytiques, l'hydrate d'aluminium de se précipiter sous forme gélatineuse ? Les analystes savent que, sous cette forme, le précipité exige des heures, si l'on veut un filtrage et un lavage convenables.

Plusieurs moyens ont été proposés pour obtenir le précipité sous forme granulaire. L'un des meilleurs consiste à se servir d'un mélange d'iodure et d'iodate de potassium, mais il est plus simple d'adopter le procédé que M. W. E. Taylor propose dans *Chemical News* (numéro du 13 avril, p. 169). La solution qui renferme l'aluminium n'est plus bouillie avant de lui ajouter l'ammoniaque qui déterminera la précipitation ; on porte exactement à la température de 66°, on précipite par l'ammoniaque et ensuite seulement on fait bouillir le liquide. En procédant suivant ce mode opératoire, on obtient un précipité non gélatineux, mais granulaire.

Accidents au blanchiment. — Nous avons déjà signalé les taches (1) qui se produisent au blanchiment, par suite de l'emploi d'huiles de graissage renfermant de la paraffine. Nous avons parlé également de conseils donnés à leur sujet par le Comité de chimie de la Société industrielle de Mulhouse. M. S. H. Higgins traite, dans le numéro du 28 février du *Journal de la Société de Chimie industrielle de Londres*, d'une autre cause de taches, provenant de la présence d'oxyde de cuivre sur les tissus. On sait que l'oxyde de cuivre est un oxydant énergique.

Si l'huile employée pour le graissage des métiers de tissage n'est pas neutre, elle peut dissoudre des parcelles du laiton avec lequel elle se trouve en contact ; ses projections sur le tissu donneront lieu à des traces de savon cuivreux, puis à des dépôts d'oxyde de cuivre qui exerceront une action oxydante et affaiblissante très prononcée.

Des cylindres en laiton d'une machine à encoller noirissaient et se corrodait à ce point qu'il fallait les faire passer au tour tous les six mois ; par ailleurs, le tissu était taché et noirci, les autres parties en fer de la machine se rouillaient facilement. Tous ces accidents provenaient d'une addition de sublimé corrosif que l'on avait mis dans la colle comme antiseptique. Le sublimé corrosif, les sels de cuivre ne doivent pas être utilisés comme antiseptiques ; seuls, les sels de zinc le peuvent, car ils n'ont pas d'action sur le laiton.

Huiles de créosote. — La consommation des huiles de créosote pour l'imprégnation des bois a passé aux Etats-Unis de 35 000 m³ en 1903 à 250 000 en 1909. Les circulaires du Service des forêts ont étudié en détail les différences qui existent entre les diverses huiles de créosote d'origines variées. La méthode d'essai est encore celle proposée, en 1905, par le Comité américain, pour la préservation des bois employés pour les chemins de fer et pour le pavage.

Comme ces huiles proviennent de la distillation des divers goudrons : goudrons de gaz d'éclairage, goudrons de gaz à l'eau, goudrons des fours à coke, les propriétés des goudrons interviennent comme facteur important dans l'obtention des produits finaux.

Les huiles de créosote et le brai sont les produits visés ; or, pour le brai, on demande un point de fusion déterminé et une faible quantité de carbone libre ; pour les huiles de créosote, on demande une faible quantité de naphthalène. Le traitement porte d'habitude sur des mélanges de goudrons divers, afin d'assurer au mieux l'obtention des

propriétés voulues. Ces considérations visent les huiles de créosote employées pour la préservation des bois contre la pourriture ; quand il s'agit surtout d'une imperméabilisation, comme c'est le cas des bois destinés à fabriquer les pavés, on emploie avec une efficacité plus grande le goudron même, préférablement à l'huile.

Des expériences de J. M. Weiss semblent démontrer que le pouvoir antiseptique des goudrons et des huiles, comme agents de préservation des bois, est une conséquence de ce qu'ils empêchent la pénétration de l'humidité dans les bois.

Les caractéristiques des divers goudrons et huiles de créosote sont, d'après M. C. Forest (*Journal of the Society of chemical industry*, 1911, p. 190-196), les suivantes :

	GOUDRON de gaz d'éclairage	GOUDRON de gaz à l'eau	GOUDRON de four à coke	HUILE de créosote américaine
Poids spécifique à 15° . . .	1,17	1,12	1,16	1,03
Insolubles dans le sulfure de carbone: carbone libre . . .	3,5	0,60	5,3	
Matière goudronneuse . . .		51,00	58,00	0,5 à 2
Acides du goudron			traces	9,0
Produits de la distillation:				
au dessous de 170°	0,10	0,50	0,60	0,42
170°-205°	2,0	0,50	0,90	4,50
205°-235°	2,90	1,70	6,90	51,95
235°-255°	7,30	4,40	7,20	22,01
255°-270°	7,20	5,80	7,20	10,99
270°-315°	9,70	15,00	7,90	
315°-370°	16,40	24,60		
Résidu	54,40	47,80	72,30	brai 10,93

Le lait végétal. — M. D. A. Demolon, directeur de la Station agromomique de l'Aisne, s'est élevé, dans le *Journal d'agriculture pratique*, (1911, p. 140), contre l'appellation de lait végétal donnée au lait de soja. Sans doute, la matière azotée du soja semble voisine de la légumine qui est une caséine végétale, mais la composition des différentes caséines végétales est variable. Le lait de soja renferme des principes analogues au lait de vache : caséine, matière grasse, sucre, matières minérales ; mais la caséine est différente, la matière grasse aussi, le sucre également. Et à supposer que la composition fût la même, la constitution physique elle-même resterait fort différente. Le lait végétal ne sera jamais, de même que le lait maternisé obtenu en ajoutant au lait de vache moitié d'un volume d'une solution de lactose, qu'une très imparfaite imitation du lait de notre espèce, comme le disait M. Armand Gautier, en parlant du lait maternisé.

Mais le « lait végétal de soja » n'en est pas moins un aliment complet, très nutritif et économique. La culture du soja a pris une grande extension aux Etats-Unis depuis son introduction en 1888.

Différentes études ont été publiées sur la culture du soja et ses divers usages (*Revue scientifique* du 11 février 1911, et sur l'essor de l'industrie du soja en France, la communication (1910) de M. Li Yu-Ying à la Société nationale d'agriculture de France).

La norgine, nouveau produit servant à apprêter les tissus. — Nombre de produits nouveaux ont été proposés ces dernières années pour apprêter les étoffes ; la norgine semble mieux appropriée. M. E. Schmidt l'étudie dans la *Chemiker-Zeitung* (29 octobre 1910). En solution aqueuse à 5 %, elle donne déjà une pâte visqueuse et peut être mélangée sans inconvénients aux drogues dont on se sert dans les apprêts.

La norgine est une gélatine d'origine végétale. C'est le sel ammoniac-sodique de l'acide laminarique, qui se trouve en abondance, sous forme de sels insolubles de calcium et de magnésium, dans certains varechs marins rencontrés sur les côtes de Norvège (Norve, d'où le nom de norgine), où son mode d'extraction a été imaginé par Axel Krefting.

Les solutions de norgine donnent un précipité gélatineux d'acide laminarique avec tous les acides (sauf les acides organiques très étendus), et avec les sels des métaux lourds ; le précipité avec les acides est soluble dans les alcalis.

Les gélatines végétales ne sont pas encore bien connues, bien qu'on les emploie depuis longtemps. Les algues marines servent à préparer des gelées alimentaires, des tisanes, des mucilages, des apprêts. Parmi ces derniers, on peut citer l'algine de Stanford, vieille de vingt ans, le kanten des Japonais, vieux de plusieurs centaines d'années.

J. GARÇON.

(1) Voir *La Technique moderne*, t. II, n° 12 (décembre 1910), p. 714.

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

CHIMIE

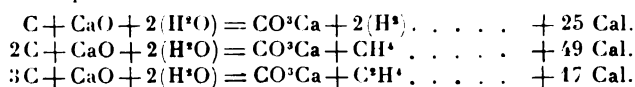
Température d'attaque de l'eau par les métaux alcalins. — Il semblait admis qu'à l'état solide, l'eau ne réagissait pas sur les métaux alcalins. Pour le contrôler, il fallait condenser de la vapeur d'eau sur le métal très propre, refroidi à basse température.

Les expériences faites ont montré que l'eau était décomposée par le césium à -116° , par le rubidium à -108° , par le potassium à -105° et par le sodium à -98° .

(Note de MM. L. Hackspill et R. Bossuet, présentée par M. H. Le Chatelier à l'Ac. des Sciences, le 27 mars 1911.)

Action de la vapeur d'eau sur le carbone en présence de la chaux. — On sait que la décomposition de la vapeur d'eau par le carbone, à haute température, s'effectue avec absorption de chaleur, et que la réaction est utilisée industriellement pour la production du gaz d'eau.

Or, en faisant agir, entre 600° et 800° , la vapeur d'eau sur un mélange homogène et intime de carbone (ou d'un composé riche en carbone) et de chaux, on obtient les réactions suivantes qui sont exothermiques :



Cette formation du méthane par l'action, en présence de la chaux, de la vapeur d'eau sur les composés organiques, permet d'expliquer la formation des gaz naturels dans lesquels le méthane domine; en effet, les débris végétaux ou animaux, au contact des dépôts calcaires du sol et d'eau, ont pu donner naissance à de l'hydrogène et à des carbures d'hydrogène. Ceux-ci ont pu, en outre, par condensations successives (sous l'influence du temps, de la température et de la pression), se transformer en pétrole.

(Note de M. Léo Vignon, présentée par M. A. Haller, à l'Ac. des Sciences, le 27 mars 1911.)

Dosage de la silice dans les argiles et les briques réfractaires.

— Pour obtenir un dosage dont la précision soit suffisante pour les analyses industrielles, il y a lieu d'opérer de la façon suivante :

On désagrége l'échantillon par fusion avec le carbonate de soude, puis, on sépare la silice par l'acide chlorhydrique, on évapore la solution à sec, on maintient le tout à sec à 130° pendant deux heures, on humecte le résidu avec de l'acide chlorhydrique, on le laisse ainsi pendant deux heures au moins, on ajoute de l'eau, on fait bouillir et l'on sépare la silice par filtration.

(Rapport de M. Stærmer à la 31^e Hauptversammlung des Vereines deutscher Fabriken feuerfester Produkte, Berlin, 22 février 1911.)

La fabrication du ciment Portland dans l'Amérique du Nord.

— Cette fabrication a pris, dans l'Amérique du Nord, une grande extension, et sa production y atteindra bientôt 100 millions de barils par an.

La plupart des fabriques emploient de la pierre à chaux schisteuse, sèche, pas très dure et d'un aspect bleu gris; cette pierre contient environ 75 % de carbonate de calcium et 7 à 14 % d'aluminates; elle permet donc, après addition d'un peu d'argile, d'obtenir facilement une matière première ayant la composition désirable pour la fabrication du ciment Portland. La United Steel Corporation se sert du laitier de haut fourneau et produit ainsi 10 millions de barils.

La matière première, finement pulvérisée, n'est pas calcinée dans des fours à cuve comme en Allemagne, mais dans des fours tubulaires tournants; 1 000 de ces derniers sont employés en Amérique.

(Note de M. Otto Schott à la 34^e General-Versammlung des Vereins deutscher Portland-Zement-Fabrikanten E. V., Berlin, 16-18 février 1911.)

Action de l'eau de mer sur le béton de ciment Portland.

I. — Par suite de la construction du canal de Panama, on attache en Amérique une grande importance à l'étude de l'action de la mer sur le béton. Les expériences ont montré que le béton résiste beaucoup mieux à l'action de la mer lorsqu'il a été durci à l'air.

(Note de M. Otto Schott à la 34^e General-Versammlung des Vereins

deutscher Portland-Zement-Fabrikanten E. V., Berlin, 16-18 février 1911.)

II. — D'expériences faites à Sylt, il résulte que le trass peut être favorablement employé pour le ciment maritime. Il peut compenser avantageusement le manque de silice. L'opinion, généralement, admise que le ciment contenant de l'acide sulfurique se comporte moins bien dans l'eau de mer que celui qui n'en contient pas, ne semble pas s'être vérifiée. La proportion d'acide sulfurique peut atteindre $2 \frac{1}{2} \%$ sans nuire au durcissement dans l'eau de mer; il y a formation d'un sulfate de calcium et d'aluminium qui ne peut être que favorable.

(Note de MM. C. Goslich et Rud. Dyckerhoff à la 34^e General-Versammlung des Vereins deutscher Portland-Zement-Fabrikanten E. V., Berlin, 16-18 février 1911.)

III. — Des expériences faites à Sylt, sur des plaques de béton ayant séjourné plusieurs années dans la mer, ont montré que la présence du plâtre rendait le béton moins attaquant.

(Note de M. E. Framm à la 34^e General-Versammlung des Vereins deutscher Portland-Zement-Fabrikanten E. V., Berlin, 16-18 février 1911.)

Action de la terre sur le béton armé. — Des recherches récentes effectuées à la station agronomique d'Erlangen ont montré que, non seulement les acides humiques, mais encore les colloïdes renfermés dans le sol ont une grande influence sur le béton armé; ils réagissent beaucoup plus sur la chaux et la magnésie que sur la potasse ou la soude.

(Note de M. Paul Prüssing à la 34^e General-Versammlung des Vereins deutscher Portland-Zement-Fabrikanten E. V., Berlin, 16-18 février 1911.)

Effets des courants électriques sur le béton armé. — Des expériences ont été faites, à l'Université de Wisconsin, sur des blocs cylindriques de béton suivant l'axe desquels était noyée une tige de fer. Les blocs étaient placés dans des récipients contenant un liquide destiné à servir d'électrolyte; on pouvait ainsi établir une différence de potentiel entre la partie extérieure et la partie intérieure des blocs.

Les résultats ont permis de conclure que le fer noyé dans la masse du béton peut être sérieusement attaqué par électrolyse. Certaines fissures constatées dans des constructions en béton armé peuvent, semble-t-il, être attribuées aux courants vagabonds existant un peu partout dans le sous-sol des villes. En pratique, les armatures formées d'une série de petits éléments discontinus semblent pouvoir mieux résister à cette cause de destruction que les armatures formées d'éléments plus longs, plus forts et présentant moins de discontinuité.

Les courbes de polarisation montrent qu'à un accroissement de polarisation correspond un accroissement de la corrosion sous l'action du courant.

Dans les expériences, on a employé comme électrolyte soit simplement de l'eau du lac de Madison, soit la même eau additionnée de 3 % de sel marin. Les résultats ont montré que la présence du sel marin augmente et active la corrosion. Il faut donc se garder d'imiter certains entrepreneurs qui emploient de l'eau salée pour la fabrication de leur béton.

Le béton imperméabilisé résiste beaucoup mieux à l'action électrolytique; la porosité produit évidemment une action néfaste, car elle ménage à l'électrolyte des canaux lui permettant de venir en contact avec les tiges de fer.

(Communication de M. C. F. Burgess, professeur à l'Université de Wisconsin, à la Society of Civil Engineers, Chicago, 22 février 1911.)

ELECTRICITÉ

Action chimique exercée sur les enroulements des machines de haut voltage. — Il résulte d'expériences faites sur un grand nombre de machines électriques de haut voltage que :

1^o Aucune détérioration due à des effets chimiques n'est observée lorsque la différence de potentiel entre un point quelconque de l'enroulement et le sol est inférieure à 3 500 volts;

2^o Il se produit seulement des actions chimiques lorsqu'il y a, entre les fils, de petits espaces contenant de l'air et quand ce dernier est traversé par des étincelles;

3° Bien que l'action commence sur la surface isolante exposée à l'air, les gaz produits par la décharge se diffusent à travers les autres parties de l'enroulement et peuvent le détériorer. Lorsque l'étincelle éclate dans le voisinage de l'armature, ses effets sont moins dangereux car la plus grande partie des gaz produits se diffuse dans l'atmosphère ;

4° Les gaz produits par le passage de l'étincelle, que ce soit de l'ozone, des oxydes d'azote ou de l'acide azotique, ont toujours une action oxydante sur l'isolant.

Les effets produits sur les isolants les plus communément employés sont les suivants :

Les cotons et matières à base de cellulose tombent en poussière.

Les vernis à l'huile et gomme laque subissent une suroxydation donnant lieu à la formation d'acides organiques.

Les vernis à l'huile de lin sont ceux qui résistent le moins bien.

La cire et la paraffine sont inaltérables.

Certains composés asphaltiques ne sont que partiellement attaqués.

Le mica est inattaqué, mais, s'il est agglutiné en lames au moyen d'une colle quelconque, cette dernière est altérée.

5° La formation d'acide azotique n'est pas indispensable pour qu'il y ait détérioration de l'isolant ; seulement elle accélère la désagrégation ;

6° La désagrégation finale du vernis est fortement accélérée par la mise en liberté d'acides organiques ;

7° La rupture de l'isolant est toujours due à un court-circuit entre spires et non entre le sol et une spire, comme on le suppose quelquefois. Ce court-circuit peut être provoqué soit par l'humidité, soit par la présence de l'acide azotique ;

8° Lorsque l'on empêche le renouvellement de l'air dans les cavités, on diminue la corrosion due aux actions chimiques ;

9° Quand l'isolant supporte une grande pression, il se détériore plus facilement ;

10° La coloration grise, qui apparaît très souvent sur les bobines isolées au vernis à l'huile de lin, ne doit pas être confondue avec l'action chimique et se produit aussi bien sur les machines à bas voltage que sur les autres. Elle n'a aucun effet sur l'isolement.

Les précautions à prendre pour éviter la détérioration des isolants soumis à de hauts potentiels seront les suivantes :

Donner à l'isolant une épaisseur au moins égale à $\frac{25}{1000}$ de millimètre par 35 volts de différence de potentiel à supporter.

De plus, pour un isolant d'épaisseur déterminée, la diminution de la capacité inductrice spécifique diminue la différence de potentiel à travers les poches d'air situées dans l'enroulement, et la diminution de cette dernière favorise la conservation de l'isolant.

On a pu construire, en prenant des précautions spéciales, des isolants résistant à des tensions de 60 volts par 25 μ d'épaisseur radiale. Les conducteurs à isoler sont chauffés pour chasser toute humidité et le vernis appliqué sur le conducteur est soumis à une pression de 4 à 5 kg pendant plusieurs heures, afin d'obtenir une adhérence parfaite. Les conducteurs rectangulaires seront préférés parce qu'ils laissent moins de vides entre eux.

Rapport de M. A. P. M. Fleming, à l'Institution of Electrical Engineers, Manchester, le 14 février 1911.)

Dispositifs de protection pour les appareils électriques. — L'auteur rappelle que les appareils de protection employés dans les installations électriques doivent fonctionner sans apporter de perturbation dans les parties de l'installation qui ne sont pas atteintes par le dérangement ; de plus, comme les surcharges temporaires, les contacts avec la terre, les surtensions, etc., sont fréquents, il faut que les dispositifs protecteurs ne fonctionnent que s'il s'agit de perturbations véritablement dangereuses, à raison de leur durée par exemple ; de là, la nécessité des appareils à action différée.

Les dispositifs de protection contre les surcharges sont sensiblement identiques pour le courant continu et pour le courant alternatif. On construit des fusibles utilisables pour les tensions les plus élevées (60 000 volts) ; pour éviter les arcs, les extrémités du fusible sont tirées par des ressorts sous un bain d'huile (Ferranti) ; ou bien le fusible est enfermé dans du plâtre, de l'amiante, etc., ou encore dans un tube terminé par deux capsules contenant de l'acide carbonique sous pression ; ces capsules fondent et remplissent le tube au moment où le fusible saute. Les fusibles sont difficiles à calibrer : la constante de temps est variable. On préfère les déclencheurs électromagnétiques, réglables pour le temps et pour la charge ; on emploie

aussi une disposition où la bobine de déclenchement est shuntée par un fusible, lorsque l'on ne dispose pas d'une source auxiliaire pour l'actionnement des relais.

C'est cependant l'usage des relais qui est le plus avantageux ; pour le courant alternatif, ces relais à action différée sont basés sur le principe du moteur à induction (Ferranti), sur l'emploi des soufflets, etc. Les soufflets ont l'inconvénient de pouvoir se détériorer ; de plus, le fonctionnement des électro-aimants n'est pas absolument certain.

Les générateurs fonctionnant en parallèle sont communément protégés par des déclencheurs à courant de retour ; les dispositifs à maximum ne sont pas utilisables parce qu'ils pourraient faire se reporter sur toutes les machines un défaut se produisant momentanément à l'une d'elles.

Les moteurs se protègent par un déclenchement à maximum et une bobine à tension nulle ; celle-ci agit habituellement sur le démarreur lorsqu'il s'agit de petits moteurs.

Les grandes compagnies dédoublent généralement leurs feeders ; pour protéger le système, il faut alors établir, du côté de la centrale, des relais à maximum et, du côté de la sous-station, des relais à courant de retour. Deux méthodes nouvelles ont récemment été introduites, celles de Cowan-Andrews (bobine de réactance) et de Merz-Price (protection différentielle).

(Note de M. A. G. Heather au South African Institute of Electrical Engineers, février 1911.)

Recherches sur les interrupteurs à haute et basse tension. — L'emploi des interrupteurs à huile sur les réseaux à courant continu a rencontré généralement des obstacles, parce que la rupture d'un courant continu dans l'huile est de nature à donner lieu à une forte élévation de tension et à occasionner une carbonisation marquée du liquide.

M. Browning a fait voir, toutefois, que la conductibilité d'un contact immergé dans l'huile est double de ce qu'elle est à sec, et que ledit contact est toujours dans les conditions d'efficacité maxima ; sans doute la carbonisation est-elle plus accentuée avec le courant continu qu'avec le courant alternatif ; mais la présence de particules de carbone pur n'affecte pas sensiblement les propriétés isolantes de l'huile.

Les interrupteurs à huile peuvent présenter de l'intérêt pour les installations de mines : il a été reconnu qu'il n'est pas pratiquement possible de réaliser des boîtes hermétiquement étanches aux gaz ; cependant, il est suffisant de munir les compartiments de toiles métalliques.

L'auteur a étudié expérimentalement, à l'aide de l'oscillographe, le fonctionnement de huit types d'interrupteurs coupant des courants allant jusqu'à 1 200 ampères sous 400 volts ; il conclut de ses essais que :

1. La rupture sous l'huile est sûre et efficace ;
2. Un interrupteur à grande coupure avec soufflage comparative-ment faible vaut mieux qu'une coupure courte, avec soufflage intense ;
3. Les contacts de charbon tendent à diminuer la tension à la rupture.

L'auteur a aussi fait des essais sur les interrupteurs à huile employés sur réseaux à courant alternatif ; ses observations concordent avec les résultats observés dans la pratique ; il signale l'avantage qu'il y a d'employer une grande quantité d'huile au-dessus des contacts.

Les interrupteurs à bain d'eau, encore peu employés, sont efficaces ; l'évaporation facile du liquide en est l'inconvénient le plus grave.

Par suite de la faible conductibilité des contacts de charbon, il y a avantage à employer des contacts auxiliaires métalliques pour les appareils destinés aux grandes intensités.

(Note de M. A. G. Collis, au South Wales Institute of Engineers, 23 février 1911.)

Sur les transformateurs statiques de fréquence. — Il est possible d'obtenir une multiplication statique de la fréquence dans des conditions de rendement industrielles. Un doubleur de fréquence est composé de la façon suivante :

Deux transformateurs identiques présentent chacun trois enroulements A, B et C. Les enroulements A, constituant le primaire, sont réunis en série et alimentés par le réseau. Les enroulements B et C sont réunis aussi en série, mais de façon que les forces électromotrices de la fréquence primaire induites soient en opposition. Le circuit B constitue le secondaire. Le circuit C est parcouru par un courant continu auxiliaire, et une self d'arrêt convenable rend négli-

geable le courant alternatif qui est induit. On constate dans ces conditions la production, dans le secondaire, de forces électromotrices uniquement d'ordre pair.

(Note de M. Maurice Joly, présentée par M. J. Carpentier, à l'Ac. des Sciences, séance du 13 mars 1911.)

Fréquencemètre indicateur à grande sensibilité et faible consommation. — Cet appareil a pour principe l'emploi d'un cadre mobile pouvant tourner dans le champ magnétique alternatif d'un électro-aimant à fer feuilleté. Le fer n'a pas d'influence muable, comme l'a prouvé l'étude à l'hystérographe. Le courant est amené, par des rubans d'argent très minces, au cadre mobile dépourvu de tout ressort de rappel et entièrement libre de tourner dans le champ magnétique alternatif de l'électro. Ce sont les forces électromotrices induites par le champ alternatif dans le cadre qui en fixent la position d'équilibre. Ce cadre ne peut garder une position fixe que si les courants qui le traversent sont en quadrature avec le champ magnétique dans lequel il peut tourner.

Le dispositif est schématiquement représenté par la figure 1. Le réseau, dont les pôles sont P et P', alimente à la fois l'électro (1) et un condensateur (2), et c'est le courant total, somme de ces deux courants,

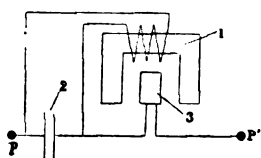


FIG. 1.

qui traverse le cadre mobile (3). Le condensateur (2) est réglé en résonance avec la self-induction de l'électro (1); le courant, d'ailleurs très faible, qui passe dans le cadre, se trouve alors en quadrature avec le champ dans l'électro, et l'instrument reste au zéro tant que la fréquence reste invariable. Mais dès que la fréquence change, c'est le courant de capacité ou le courant de self-induction qui l'emporte, la phase du courant total avance ou retarde, et le cadre tourne dans un sens ou dans l'autre. Les indications de l'appareil sont indépendantes de la tension. La sensibilité de ce fréquencemètre peut être rendue très grande et donner, par exemple, toute l'échelle pour une variation de fréquence de 2 % en plus ou moins par rapport à la fréquence normale. Sa consommation est de l'ordre de $\frac{1}{100}$ d'ampère.

(Communication de M. Henri Abraham à la Société Internationale des Electriciens, séance du 1^{er} mars 1911.)

Relais servomoteurs sans réaction. — Le principe de ces relais repose, comme celui de l'appareil précédent, sur les forces directrices qui s'exercent sur un cadre mobile placé dans un champ alternatif. Le transmetteur et le récepteur sont formés chacun par un cadre galvanométrique qui peut tourner librement dans un champ magnétique alternatif. Les deux cadres sont reliés métalliquement borne à borne avec interposition d'une self-induction. Le cadre transmetteur est shunté à la fois par une résistance et par une capacité montées en parallèle. Cette dernière capacité est réglée de manière que le circuit bifurqué extérieur au cadre transmetteur soit équivalent à une résistance sans capacité ni self. On établit enfin une différence de phase entre les champs magnétiques du récepteur et du transmetteur. Le champ du transmetteur est mis en retard d'une quantité juste égale au retard que présenterait un courant traversant le cadre transmetteur par rapport à une force électromotrice qui lui donnerait naissance et qui aurait été créée dans le cadre récepteur. Un tel appareil jouit des propriétés suivantes : la manœuvre du transmetteur exige une infime dépense d'énergie et entraîne un déplacement proportionnel du récepteur. Ce récepteur a une grande force directrice propre et une période d'oscillation assez courte qui lui permet d'obéir rapidement. Les mouvements du récepteur n'ont, par contre, aucune réaction sur le transmetteur : le transmetteur commande violemment le récepteur, mais il n'est nullement commandé par lui.

(Note de M. Henri Abraham à l'Ac. des Sciences, séance du 27 février 1911, et à la Société Internationale des Electriciens, séance du 1^{er} mars 1911.)

Omnibus à prise de courant. — L'omnibus à prise de courant, tout aussi bien que le tramway électrique, est à même de supporter de fortes surcharges sans inconvénient. Il suffit de citer le cas de la ligne d'Arsten (Kœhler Lloyd), près de Brême, dont une voiture construite pour contenir vingt-six personnes, a pu transporter, lors d'un jour de fête, continuellement et sans encombre quarante-cinq voyageurs à chaque parcours.

La plupart des lignes utilisent des voitures de remorque, plus

légères naturellement que les voitures motrices, et qui se comportent avec la plus grande aisance sur les routes. En Norvège, sur la ligne de Drammen (Schiemann), les remorques sont en hiver des traîneaux qui ont donné jusqu'à présent toute satisfaction.

Dans les pays très accidentés, où une ligne de tramways eût rencontré des difficultés presque insurmontables, les lignes d'omnibus électriques ont donné des résultats inespérés. Il suffit de rappeler la ligne en lacet du Valle d'Intelvi (Filovia), qui présente des courbes de 6 m de rayon et des pentes qui atteignent 19 %, la ligne de Judenburg (Stoll), qui présente une longue montée de 15 %, la ligne de Laurel Canyon (Schœmaker), qui présente un nombre énorme de lacets et des pentes variant entre 5 et 12 %.

Un des avantages les plus considérables du nouveau système de transport est de permettre très facilement, sur une même ligne, le trafic mixte des voyageurs et des marchandises : on n'a pas besoin de voies de manœuvre, d'entrepôt de déchargement, ni de personnel spécial. Il suffit de faire un raccordement peu coûteux à la ligne aérienne.

À l'heure actuelle, l'ère de création des tramways électriques est passée, et l'œuvre d'extension des lignes existantes se poursuit lentement un peu partout, et de plus en plus difficilement au fur et à mesure que les lignes s'écartent de la périphérie des centres industriels, où le trafic devient périodique et peu rémunérateur. L'œuvre de pénétration est réservée, dans l'opinion de l'auteur, à l'omnibus à prise de courant aérienne qui, en commençant là où le rail s'arrête, est l'auxiliaire du tramway électrique, dont il peut utiliser le courant, le dépôt, l'atelier de réparation, le personnel et l'administration. Quand le trafic aura pris l'extension nécessaire, le rail pourra être prolongé et l'omnibus pourra, si on donne plus d'extension à la ligne aérienne, poursuivre le même but qu'auparavant et continuer l'œuvre de pénétration.

Il existe, en ce moment, trente-trois lignes d'omnibus à prise de courant; ayant ensemble une longueur de 200 km, le nombre des voitures, y compris les locomotives, dépasse cent, impliquant un capital de près de 4 000 000 de francs.

(Mémoire de M. P. A. Mossay à l'Association des Ingénieurs Electriciens sortis de l'Institut Electrotechnique Montefiore, Bulletin de novembre, 1910.)

Nouveau procédé de désélectrisation des matières textiles au moyen des courants électriques de haute fréquence. — Par suite de l'électrisation qui se produit pendant l'étrépage de la laine, par exemple, les fibres divergent et une notable partie se détache de la mèche principale. Il en résulte un déchet important, car la matière tombée est dépréciée. En outre, le fil produit est de grosseur irrégulière et la casse devient fréquente; la qualité du fil se trouve diminuée et le travail de l'ouvrier chargé de rattacher les fils devient excessif.

Le procédé d'humidification, généralement employé aujourd'hui, ne remédie à cet inconvénient qu'aux dépens de la salubrité des salles, car toute aération est interdite et les salles sont fortement surchauffées. Cet excès d'humidité augmente, en outre, le collage des mèches sur les organes du métier et provoque une nouvelle cause de déchet.

On a essayé d'annuler l'électricité développée dans la matière textile en ayant recours à une charge électrique produite par une bobine de Ruhmkorff ou une machine électrostatique; mais, dans un cas, les fortes commotions, ressenties au contact des conducteurs, sont dangereuses pour les ouvriers, au moment du rattachage des fils ou du nettoyage; dans l'autre cas, il est très difficile de maintenir à une valeur rigoureuse la charge destinée à annuler l'électrisation des fils.

L'emploi des courants de grande fréquence à haute tension étant inoffensif, il est possible de mettre en jeu une grande énergie, sans qu'il en résulte aucun danger pour les ouvriers.

Un procédé fonctionnant depuis le mois de mai 1910 utilise la décharge oscillante de condensateurs alimentés par un courant alternatif survolté au moyen d'un transformateur. Le dispositif ayant donné le meilleur résultat est celui qui est connu sous le nom de « résonateur Oudin », tel qu'il est employé dans les stations de télégraphie sans fil.

Les conducteurs aériens ou antennes sont ici distribués le long des métiers au voisinage des matières textiles à traiter et sont garnis, de place en place, de petits balais en fils métalliques très souples, et destinés à répartir la charge aux points précis où elle doit être utilisée. Le résonateur Oudin se compose d'un grand solénoïde à forte section, ne comprenant qu'un petit nombre de spires divisées en deux

sections, dont on peut faire varier les longueurs au moyen d'un curseur mobile. La décharge s'effectue à travers une section du circuit qui réagit sur les autres spires et sur les conducteurs par phénomène de résonance. L'étincelle de décharge jaillit entre les électrodes d'un éclateur; le circuit inférieur du résonnateur est reliée à la terre, et l'extrémité supérieure communique avec les fils aériens. Une bobine de self variable sert au réglage et à l'accord du circuit primaire, afin d'obtenir, dans ce circuit, le phénomène de résonance. Les radiations électriques sont ainsi utilisées dans les meilleures conditions de rendement.

Les résultats obtenus par ce procédé ont été officiellement constatés par le Bureau de Conditionnement des soies et laines de Roubaix-Tourcoing, et ont montré que la solidité à la traction, mesure de la limite de l'effort nécessaire pour amener la casse, était augmentée de 7 à 15 %; dans certains cas, le chiffre a atteint 22 %.

Quelles que soient les conditions d'humidité et de température, les chiffres obtenus sont toujours en faveur de la méthode nouvelle. L'élasticité s'est trouvée accrue dans la proportion de 29 %, la diminution des déchets a atteint 23 % et, sur les laines de basse qualité, où le déchet est généralement très important, ce chiffre a atteint, dans certains cas, 28 %.

Ce nouveau système permet de diminuer dans une forte proportion le degré d'humidité et la température des salles de travail, qui peuvent être largement aérées et avoir les fenêtres ouvertes.

(Note de MM. J. Paillet, F. Ducretet et E. Roger, présentée par M. d'Arsonval à l'Ac. des Sciences, séance du 6 mars 1911.)

Le monopole de l'Etat pour les téléphones. — Une exploitation confiée à l'Etat ne peut jamais donner d'aussi bons résultats économiques que si elle était entre les mains d'une entreprise privée; les administrations sont soumises notamment aux influences politiques, qui obligent à beaucoup de concessions; le rendement du personnel est toujours moins bon. On a pu constater, aussitôt après la reprise par l'Etat des télégraphes anglais, une augmentation rapide de dépenses. Les avantages de l'exploitation privée, en téléphonie et en télégraphie, sont clairement démontrés par le développement considérable des téléphones aux États-Unis.

(Note de M. H. I. Webb à la London Chamber of Commerce, 17 février 1911.)

HYGIÈNE

Résistance opposée au passage des microbes par les bougies filtrantes à revêtement de collodion. — Les membranes de collodion opposent, sous faible épaisseur, une barrière infranchissable au passage des microbes. De là, l'idée était venue d'utiliser le collodion pour la purification de l'eau potable; seulement, la fragilité des membranes, assez minces pour être douées de propriétés filtrantes, rendait difficile la réalisation du problème. On y est parvenu en plongeant une bougie Chamberland parfaitement sèche dans le collodion, dont une partie du mélange alcool-éther, qui a servi à la dissolution du coton azotique, pénètre dans les pores de la matière filtrante et chasse l'air.

Pour que la membrane de collodion soit complètement imperméable aux microbes, il faut éviter absolument la présence, dans son épaisseur, de la moindre bulle d'air; pour que cette membrane soit très perméable aux liquides, il faut, dès qu'elle a fait prise, la plonger dans l'eau; enfin, pour qu'elle garde indéfiniment ses propriétés filtrantes, il faut ajouter à l'eau 50 % de glycérine.

La perméabilité des membranes de collodion varie beaucoup suivant les proportions d'alcool et d'éther employées pour dissoudre le coton azotique. La richesse en éther diminue la perméabilité, et la richesse en alcool l'augmente.

Une bougie collodionnée, mise en service le 30 octobre 1909, donnait encore de l'eau stérile le 30 octobre 1910.

Le revêtement en collodion a d'autres avantages: étant imperméable aux colloïdes, il empêche le colmatage dans l'épaisseur de l'appareil filtrant; par suite, les bougies ne sont pas exposées aux brusques diminutions de débit et leur nettoyage est très simple.

(Note de MM. Grenet et Salimbeni, présentée par M. E. Roux à l'Ac. des Sciences, le 27 mars 1911.)

Épuration des eaux résiduaires de laiterie. — 1° Les eaux résiduaires de laiterie sont très polluées, elles ne peuvent être rejetées dans un cours d'eau sans épuration que lorsque le débit du cours d'eau est considérable comparativement au volume des eaux rési-

duaires. Dans ce cas, il est cependant nécessaire d'éliminer, par une décantation convenable, les matières en suspension;

2° Lorsque le rapport entre le débit de la rivière et le volume de l'eau résiduaire est encore assez grand, et que la capacité d'auto-épuration de la rivière n'a pas été épuisée par des pollutions en aval, l'épuration chimique, quoique imparfaite, est suffisante. On recommande, pour cette épuration, l'emploi de la chaux et du sulfate ferrique;

3° Les méthodes biologiques naturelles ou artificielles (épandage ou lits bactériens) demandent les plus grands soins pour leur application aux eaux résiduaires de laiterie. L'épandage ne permet une épuration efficace que si les sols irrigués sont de composition convenable et si la dose d'irrigation est faible et, en tout cas, proportionnée au pouvoir épurant du sol. Il est indispensable, lorsque les affluents doivent être évacués dans un ruisseau de débit faible, de faire subir aux eaux un traitement chimique avant de parfaire l'épuration sur les lits bactériens ou par épandage;

4° Lorsque les eaux résiduaires de laiterie, évacuées dans un égout, peuvent s'y diluer dans un volume suffisant d'eaux ménagères, il est préférable de traiter l'ensemble de toutes ces eaux dans une station centrale. Cependant, lorsque le pourcentage de ces eaux industrielles est très grand, il y a lieu de les traiter chimiquement à l'usine avant de les rejeter à l'égout.

(Note de M. E. Rolants à la Société Industrielle du nord de la France, Bulletin, février 1911.)

MÉCANIQUE

Sur l'emploi du gyroscope dans la marine. — Le gyroscope peut avoir trois applications principales dans la marine:

1° Résister au roulis et même l'empêcher, question particulièrement importante pour le navire de guerre en ce qu'elle influe sur la précision du tir. On y arrive en plaçant le gyroscope à l'extrémité d'un pendule oscillant autour d'un axe situé entre le centre de gravité du pendule et le gyroscope. Grâce à la force créée par l'énorme vitesse de rotation (16 000 tours par minute) il peut, sous un poids faible, créer aux mouvements du vaisseau des forces antagonistes suffisantes pour s'y opposer.

2° Employé comme boussole marine, il donne, grâce à un dispositif automatique corrigeant les variations dues à la vitesse du navire, le nord géographique exact.

3° Il est enfin utilisé pour donner aux torpilles automotrices une trajectoire plane.

(Communication de M. Elmer A. Sperry à l'American Society of naval Architects and marine Engineers.)

Les moteurs à combustion interne et en particulier les moteurs Diesel. — Jusqu'à ces dernières années, le moteur Diesel a été peu employé en France car son prix était élevé et l'on manquait d'un combustible économique: les produits dérivés du pétrole sont, en effet, frappés d'un droit de 90 fr par tonne à leur entrée en France.

En 1905, la Société des Mines de Lens fit exécuter des essais sur l'emploi de l'huile de goudron de houille dans les moteurs Diesel. Les constructeurs arrivèrent à rendre pratique l'emploi de ce combustible et ces moteurs à combustion interne devinrent alors très économiques. La consommation par cheval-heure est de 210 g de combustible pour une unité de 500 chevaux. L'huile vaut actuellement 80 fr la tonne et la dépense de combustible revient à 1,68 centime par cheval heure.

(Communication de M. P. Bousquet à la Soc. des Ingénieurs Civils, séance du 17 mars 1911.)

Application économique du turbo-compresseur actionné par une turbine. — La « General Electric Company » a installé à Oxford une machine soufflante réalisant les avantages suivants:

- 1° Augmentation de la production du haut fourneau;
- 2° Amélioration de la qualité du métal;
- 3° Diminution de la consommation de combustible;
- 4° Consommation de vapeur plus faible ou au plus égale à celle des machines compound les plus perfectionnées;
- 5° Diminution énorme de l'encombrement;
- 6° Frais d'installation beaucoup moins grands.

Elle est constituée par un turbo-compresseur à six étages de pression, attaqué directement par une turbine à vapeur Curtiss tournant à environ 1 650 tours à la minute. Cette vitesse normale donne une pression de l'air de 15 livres (livre = 453 g) 4 par pouce carré ($\frac{100}{16}$ cm²).

L'air est refroidi par une circulation d'eau. La pression de l'air variant proportionnellement au carré de la vitesse, de faibles variations de cette dernière donneraient de grandes variations de pression. S'appuyant sur ce principe, on fera varier la vitesse de manière à avoir un rapport de décharge constant. Ceci est obtenu au moyen d'un régulateur, constitué par un disque d'acier placé en face d'un élargissement conique du tuyau d'arrivée d'air dans le compresseur. Grâce à un poids glissant sur un levier en communication avec ce disque, le déplacement de ce dernier est déterminé et correspond à une admission d'air fixée par l'ingénieur.

Si la quantité d'air débitée est plus forte ou moins forte, la pression de l'air sur ce disque cesse d'être en équilibre avec le poids, et le déplacement du levier peut, en commandant le diaphragme d'arrivée de vapeur, diminuer ou augmenter la vitesse de rotation.

A une vitesse de 1500 tours par minute correspondait une pression de 10 livres par pouce carré et à 1800 tours, 20 livres.

(Rapport lu par M. Richard H. Rice à The American Society of mechanical Engineers, mars 1911.)

PHYSIQUE

Méthode spectrophotométrique de dosage du krypton. — Cette méthode permet de doser, dans 4 cm³ d'un mélange argon-krypton, une quantité minimum de krypton voisine du millième de millimètre cube, soit en poids 4 millièmes de milligramme.

(Note de MM. Ch. Moureu et A. Lepape, présentée par M. H. Deslandres à l'Ac. des Sciences, le 13 mars 1911.)

Sur la décomposition de l'eau par les radiations ultra-violettes. — Sous l'action de l'ensemble des radiations émises par une lampe à vapeur de mercure en quartz, l'eau est décomposée en hydrogène et en peroxyde d'hydrogène, qui, en se décomposant à son tour, donne de l'oxygène. Au bout d'un temps suffisant, l'effet de la lumière est identique, quant aux gaz dégagés, à celui de l'électrolyse.

(Note de M. A. Tiau, présentée par M. P. Villard à l'Ac. des Sciences, le 10 avril 1911.)

Sur les gaz dégagés des parois des tubes de verre, de porcelaine et de silice. — On s'est occupé, en ces dernières années, de l'extraction des gaz des métaux chauffés dans le vide; diverses méthodes d'analyse furent basées sur l'absorption des gaz par des corps solides chauffés dans des tubes en verre, porcelaine ou silice. Ces tubes, soumis à une élévation de température, peuvent produire des dégagements gazeux susceptibles de se mêler à ceux du métal ou de changer le poids des tubes employés. Ce sont là des causes d'erreurs dont il était nécessaire de déterminer l'importance.

On a constaté que :

Les tubes de verre d'Iéna donnaient à froid, sous très basse pression, un dégagement gazeux négligeable; les gaz qu'on peut retirer des tubes de porcelaine doublement vernis sont en quantité extrêmement variable; les tubes de silice opaque sont nettement traversés par de fins canaux contenant des gaz.

(Note de M. Marcel Guichard, présentée par M. H. Le Chatelier, à l'Ac. des Sciences, le 27 mars 1911.)

Évaporation par grimpage et ses applications. — Jusqu'à l'heure actuelle, les inventeurs s'ingéniaient à augmenter, dans les appareils d'évaporation, la quantité d'eau en circulation : on essayait d'assurer un mouillage toujours complet des tubes, et de réaliser, parallèlement, de grandes vitesses de l'eau sur les surfaces chauffées. Si cette méthode d'évaporation convient pour des tubes horizontaux ou inclinés, on peut, avec des tubes verticaux, obtenir des chiffres d'évaporation supérieurs à ceux obtenus jusqu'ici, et cela, en ne faisant circuler que le minimum de liquide.

M. Kestner a réalisé diverses expériences avec des tubes en verre, mettant en évidence le phénomène de *grimpage*. Le liquide circule dans le tube d'évaporation de *bas en haut* par ruissellement : il grimpe le long du tube et laisse ainsi la partie centrale de ce dernier absolument libre. La vapeur produite par la concentration qui s'effectuera pendant ce grimpage pourra donc s'échapper librement.

Mais, ainsi qu'il le démontre, ce phénomène ne peut plus se produire si le tube est incliné et *a fortiori*, s'il est horizontal.

Dans ce cas, le liquide, bien qu'irrégulièrement distribué sur la surface du tube, se rassemble au bout de très peu de temps en un mince filet, le long de la génératrice inférieure du tube, alors que sa surface supérieure n'est plus mouillée.

Le grimpage se réalise d'autant plus facilement que les tubes sont plus longs.

Cette marche superficielle présenterait, au point de vue de la meilleure utilisation de la chute de température entre le fluide chauffant et le fluide chauffé, de grands avantages sur celle en tubes rayés.

Cette marche en grimpage peut, en outre, être combinée avec celle en descente, dans laquelle la circulation du liquide à concentrer se fait de haut en bas ou bien de bas en haut.

(Communication de M. Kestner à la Société des Ingénieurs civils, séance du 3 février 1911.)

Reproduction photographique des documents par réflexion. — On place dans un châssis-presse : 1° une plaque sensible, le dos de la plaque au contact de la glace forte; 2° le document à reproduire au contact de l'émulsion. On recouvre le châssis-presse de son volet, et on expose à la lumière un temps plus ou moins long. Au lieu du voile complet auquel on aurait pu s'attendre, on obtient avec certaines précautions, une reproduction exacte du document, après développement.

(Note de M. Guillaume de Fontenay, présentée par M. d'Arsonval, à l'Ac. des Sciences, séance du 18 avril 1911.)

TRAVAUX PUBLICS

Théorie des puits ordinaires dans les terrains perméables en petit. — On appelle terrain perméable en grand celui dans lequel l'eau circule à travers des cassures ou des fissures de la roche constitutive (calcaire carbonifère, calcaire dévonien, craies fissurées). On appelle terrain perméable en petit celui dans lequel l'eau circule entre les grains constituant le terrain (grès poreux, sables, limons, tuffeaux).

L'analyse mathématique appliquée aux puits ordinaires dans les terrains perméables en petit permet de montrer que :

1° Le débit d'un puits de faible rayon est proportionnel à la racine cubique du carré de ce rayon ;

2° Le débit d'un puits à grand rayon est proportionnel à un facteur φ tel que :

$$\sqrt[3]{r} < \varphi < r;$$

3° Le rabattement (charge motrice) ne doit jamais dépasser les trois cinquièmes de la puissance de la couche. Il est même préférable de limiter les rabattements aux deux cinquièmes de cette même hauteur ;

4° Le débit d'un puits est proportionnel au rabattement quand celui-ci est inférieur au cinquième de la couche aquifère ;

5° Le rayon d'influence au bout d'un temps déterminé est sensiblement constant quand le rabattement varie de zéro jusqu'au cinquième de la couche aquifère ;

6° La variation maximum du rayon d'influence pour les débits variables est égale au quart du rayon maximum ;

7° Le rayon d'influence est d'autant plus grand que le terrain est plus perméable.

(Note de M. J. de le Court à l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole Polytechnique de Bruxelles, Bulletin Technique, janvier 1911.)

Adaptation des grandes routes au roulage actuel. — La locomotion automobile remplaçant de plus en plus la locomotion par traction animale, il importe de mieux adapter les grandes routes aux conditions nouvelles. Les routes en macadam et en « tarmacadam » sont les seules à considérer ici. Les avantages du tarmacadam sont les suivants : dureté, étanchéité, peu de poussière et de boue, facilités de bon roulage (pour les voitures à chevaux comme pour les automobiles); bonne répartition des charges; amortissement des bruits; diminution du bombement; entretien peu onéreux. Ses inconvénients sont : le prix élevé d'établissement; la faible prise qu'il offre, sur les pentes, aux sabots des chevaux; la plus ou moins grande durabilité, suivant ce qu'ont été les conditions atmosphériques durant la construction.

L'auteur indique les propriétés des matériaux qui interviennent dans la construction de ces routes, ainsi que les moyens de prévoir comment ils se comporteront. Il propose de faire des essais pour déterminer expérimentalement, pour un roulage déterminé, le meilleur type de route et de mesurer « l'intensité de roulage » d'une route par un nombre facteur du poids, du nombre et du genre de véhicules qui doivent circuler sur cette route.

(Communication de M. I. Walker Smith, à l'Institution of Civil Engineers de Londres, 4 avril 1911.)

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

ENSEIGNEMENT

De la nécessité de l'apprentissage industriel dans l'organisation des usines.

Après une crise de deux années, les usiniers des Etats-Unis vont de nouveau être aux prises avec le problème délicat du recrutement d'un personnel d'élite; les ajusteurs habiles sont prime aux Etats-Unis et il est difficile de trouver des contremaîtres ou chefs d'ateliers capables, de même que de pourvoir aux postes hiérarchiques plus élevés.

C'est cette situation qu'a dénoncée M. M.-W. Alexander⁽¹⁾, dont les idées sur la formation des apprentis, ajusteurs et contremaîtres ont été appliquées et développées dans les usines de la General Electric Co., à West Lynn. Dans ces établissements, on a organisé l'apprentissage pour les sujets de tous degrés de culture intellectuelle, ainsi que le recrutement de bons ouvriers mécaniciens.

Le principe adopté, c'est que l'habileté professionnelle n'acquière toute sa valeur que si elle s'appuie sur l'intelligence; par suite, sauf pour la formation des ouvriers mécaniciens, chaque cours d'apprentissage a pour base l'instruction primaire, secondaire et technique supérieure; il n'y a d'exception que dans le cours de préparation au service commercial.

Quant au recrutement des ouvriers mécaniciens, ayant reconnu qu'il y avait parfois, parmi les manœuvres, des hommes susceptibles de devenir mécaniciens, mais à qui l'occasion ou la prévoyance avaient manqué, on a parfait leur éducation technique et choisi systématiquement, pour cela, les manœuvres de vingt à trente-cinq ans susceptibles de faire de bons spécialistes; leur apprentissage de tourneur, de fraiseur, etc., dure de trois à quatre mois, suivant leurs aptitudes.

Ils touchent un salaire qui leur permet de vivre et un instructeur expérimenté choisit les hommes, les affectant aux divers ateliers où il y a de la place; il dirige leur apprentissage et ils sont aussi surveillés par le chef d'atelier. Une fois spécialisé, l'ouvrier est affecté définitivement à un atelier, mais il peut aussi demander à se perfectionner dans d'autres parties, de manière à passer mécanicien général ou outilleur, ce qui lui assure une meilleure situation.

La formation des ajusteurs, contremaîtres, dessinateurs, ingénieurs, directeurs, etc., est naturellement beaucoup plus longue; les établissements industriels doivent y pourvoir par eux-mêmes, car, de l'avis de l'auteur, les écoles industrielles ne sont pas actuellement en état de le faire et ne pourront jamais le faire qu'imparfaitement; il faut ici une éducation théorique et pratique. Pour cela, les établissements doivent opérer par leurs propres moyens, ou bien combiner l'éducation pratique à une éducation théorique reçue dans les écoles, ou encore donnée par des professeurs en classes spéciales. A la General Electric Co., c'est le premier système qui est adopté.

L'apprentissage des outilleurs, modeliers et constructeurs d'instruments de mesure dure quatre ans; celui des fondeurs, forgerons et mécaniciens pour la construction des machines à vapeur dure trois ans. Il y a deux mois d'apprentissage d'essai. Les apprentis reçoivent un salaire progressivement croissant et lorsqu'ils ont obtenu leur certificat d'apprentissage, ils touchent une prime de 500 fr.

Ils ont une heure et demie à deux heures de

cours par jour, sauf le samedi et sauf aussi pendant les mois de juillet et d'août. On leur enseigne les mathématiques, la physique relative aux machines simples, la résistance des matériaux, le dessin de machines, l'électricité. Cette instruction a un caractère pratique et se réfère constamment aux travaux faits par les apprentis. Ceux-ci sont groupés dans des ateliers spéciaux et placés sous la direction d'instructeurs qui ont de 25 à 30 apprentis chacun sous leur surveillance. Parmi ces jeunes gens, on recrute également des moniteurs qui concourent à l'instruction de leurs camarades.

Les deux mois d'apprentissage à l'essai sont extrêmement importants puisqu'ils éliminent environ 5 % des candidats. A l'heure actuelle, aux usines de Lynn, il y a environ 200 apprentis en formation, tandis que 101 ont obtenu leur certificat; parmi ces derniers, 8 sont contremaîtres adjoints, 5 inspecteurs et 12 dessinateurs d'outillage.

Le résultat pratique de cette institution d'apprentissage pour la Compagnie est de former d'excellents mécaniciens dont elle conserve la grande majorité puisque, des apprentis éduqués par elle, il ne lui en est jamais resté moins de 55 % comme ouvriers.

Sur le même principe général, d'éducation à la fois théorique et pratique, la Compagnie a créé des cours d'apprentissage pour les dessinateurs, recrutés parmi les jeunes gens ayant une éducation secondaire, ainsi que pour les monteurs et préposés aux essais. Elle recrute de même des apprentis pour le service commercial; enfin, elle s'assure des sujets, pour son état-major technique, par l'instruction complémentaire qu'elle donne aux jeunes gens diplômés des écoles techniques.

Le problème du personnel, dit en terminant l'auteur, est le plus difficile à résoudre, mais aussi le plus important dans la lutte commerciale. Il doit être traité de la même manière scientifique et avec autant de labeur que les deux autres problèmes de l'outillage mécanique et des matériaux. La formation du personnel est le critérium du développement industriel. B.

LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION

DU TRAVAIL INDUSTRIEL

Loi sur les Etablissements frigorifiques au Paraguay.

Le Parlement du Paraguay a voté, en juillet 1910, une loi que signale l'*Expansion commerciale* et qui est d'une grande importance si nos industriels veulent s'en servir.

Cette loi accorde les franchises et concessions suivantes aux établissements frigorifiques qui, dans un but exclusif d'exportation, s'établiront dans le pays:

a) Exonération de tout droit d'importation aux machines, outils, pièces d'échange et accessoires destinés à l'installation de frigorifiques, ainsi que le matériel de construction et d'isolement des chambres frigorifiques, les substances nécessaires à leur fonctionnement et les matériaux destinés aux emballages de leurs produits d'exportation;

b) Exonération de tout droit d'exportation aux viandes congelées ou frigorifiées et aux autres produits alimentaires préparés dans lesdits Etablissements;

c) Exonération de tout impôt fiscal et municipal en ce qui touche le local de la fabrique et son fonctionnement.

Le Pouvoir Exécutif est autorisé à concéder en usufruit gratuit le terrain nécessaire aux installations des fabriques auxquelles se réfère l'article précédent à la condition que ces terrains soient propriété fiscale.

Ces franchises et concessions cesseront d'exister le 31 décembre 1925.

Législation des brevets d'invention en Hollande.

La Hollande ne possédait jusqu'ici aucune législation sur les brevets d'invention; il était donc impossible aux inventeurs de garantir leurs inventions dans ce pays; mais un projet de loi sur les brevets d'invention, voté par la seconde Chambre des Etats Généraux, vient d'être ratifié par la première Chambre.

Cette loi n'entrera vraisemblablement pas en vigueur avant le 1^{er} janvier 1912.

QUESTIONS ÉCONOMIQUES

Les travaux du canal de Panama.

D'après les renseignements officiels américains, les travaux du canal de Panama avancent rapidement.

D'après les plans adoptés par les Etats-Unis, il y avait à creuser en tout 182 millions 537 766 yards cubes⁽¹⁾. Au 1^{er} octobre 1910, ils avaient déplacé 118 514 927 yards cubes; il leur restait donc à cette date à extraire 64 022 839 yards cubes, soit 35 % environ⁽²⁾.

Depuis deux ans, on extrait en moyenne environ 3 millions de yards cubes par mois (soit 2 293 500 m³).

Des excavations françaises estimées à 78 146 960 yards cubes, une partie seulement, soit 29 908 000 yards cubes, est utilisée dans la réalisation du projet américain.

Les chiffres suivants des travaux d'excavation exécutés par les Américains depuis le début montrent la progression obtenue.

Du 4 mai au 31 décembre 1904, 243 472 yards cubes; 1 799 227 en 1905; 4 948 497 en 1906; 15 765 290 en 1907; 17 116 735 en 1908; 35 millions 096 166 en 1909; 23 545 530 du 1^{er} janvier au 30 septembre 1910.

Depuis le 1^{er} janvier jusqu'au 1^{er} octobre 1910, on a placé 644 139 yards cubes de béton dans les écluses de Gatun, 276 443 yards cubes aux écluses de Pedro Miguel et 29 938 yards cubes à Miraflores.

Durant le mois de septembre 1910, le placement de béton par jour de travail a été de près de 6 000 yards cubes.

Dans les digues de Gatun, on a remblayé depuis le commencement des travaux à cet endroit, en janvier 1907, 10 452 774 yards cubes, à San Miguel 260 852 et à Miraflores 685 896 yards cubes.

Au 31 août 1910, 35 867 personnes étaient employées aux travaux du canal et du chemin de fer de Panama, dont 29 950 au canal.

Le budget des dépenses pour l'exercice finissant au 30 juin 1912 est de 47 millions 920 847 69 dollars-or américains, dont près de 2 millions ou environ 10 millions de francs pour le département de l'hygiène.

Le 1^{er} janvier 1915 est la date fixée officiellement pour l'inauguration du canal, mais on espère que dès le 1^{er} janvier 1914 les plus

(1) 1 yard cube est un cube de 0^m,914 d'arête, soit 0^m,76355.

(2) Au 1^{er} novembre 1910, il ne restait plus que 61 237 845 yards cubes à extraire.

(1) Journal Soc. of. Mech. Eng., 1. 10.

grands navires de commerce pourront s'en servir et que, dès juin 1913, les bateaux de petit tonnage pourront le traverser.

Le caoutchouc à la Côte d'Ivoire.

Il est maintenant possible, avec les éléments que nous possédons, de tirer un enseignement capable de nous guider d'une façon précise dans la campagne d'amélioration des marques indigènes et de conservation de la production selon les conditions locales.

Pour ce qui concerne les marques de caoutchouc fabriqué dans la Colonie, il faut différencier l'arbre de la forêt de la liane forestière ou de savanes; ces deux catégories présentent des différences capitales qui se sont d'ailleurs manifestées naturellement dans le produit fabriqué par l'indigène: d'un côté, les *Cakes* et *Lumps*; de l'autre, les *Niggers*, lanières, *Twists*.

Le *Funtumia* est un arbre de la forêt à tronc assez fort, lisse, droit, d'où s'écoule abondamment un latex très fluide.

Quant aux lianes, représentées par le *Landolphia*, elles ont un tronc de faible diamètre, tortueux et anfractueux; pour les exploiter, il faut multiplier de petites incisions d'où il s'écoule, par petites quantités, un lait qui a une tendance marquée à se coaguler naturellement sur la plaie.

Voyons dans quelle mesure, pour les deux catégories de plantes précitées, il est possible d'obtenir les crêpes ou d'améliorer notablement la qualité.

En ce qui concerne le *Funtumia*, les *Cakes* et *Lumps* qu'il fournit présentent des inconvénients tels, qu'il est nécessaire de modifier essentiellement la principale phase de la préparation: la coagulation. Il s'agit, en effet, d'éviter la formation de grosses masses avec inclusion de liquides fermentescibles (coagulation spontanée — *Lumps*) ou d'avoir des calcinations partielles de coagulum, détruisant l'élasticité et une des causes de poissage (ébullition du latex brut — *Cakes*). Les procédés qui donnent indifféremment les meilleurs résultats et sont les plus pratiques, consistent à faire bouillir le latex dilué d'environ 6 fois son poids d'eau ou de jeter le latex brut dans une certaine quantité d'eau entrant en ébullition (également 6 parties d'eau environ).

A la suite d'une de ces opérations effectuée sur de petites quantités de latex à la fois, il est facile de prendre de petites masses de coagulum et, après les avoir convenablement lavées et rincées, de les étaler et aplatir sous forme de petites crêpes de 2 à 3 mm d'épaisseur.

Le produit obtenu sera totalement différent des *Cakes* et *Lumps* par suite du nouveau procédé de coagulation qui fournit une gomme plus élastique, plus propre, sans poches de liquides, ni parties ayant perdu leur élasticité par chauffage trop vif. Desséché à fond, il aura une teinte brune, avec une coupe cornée et hyaline sans solution de continuité. Sa valeur sous la forme de crêpes sera au moins le double de celle des *Cakes* et *Lumps*, avec une moins-value de 2 à 3 fr. sous forme de gâteau. Nous percevons également la toute l'importance d'une dessiccation parfaite, difficile à apprécier chez les *Cakes* et *Lumps*, qui restent très opaques et ne séchent jamais bien. Or, les indigènes sont peu portés à pratiquer une bonne dessiccation.

Pour arriver aux résultats précités, l'Administration forme des moniteurs, chargés de l'instruction des autochtones et exercés pratiquement aux procédés décrits.

Pour le produit des *Landolphia*, le raisonnement nous conduit également à des conclusions très nettes et nous voyons que le travail d'éducation des indigènes est moins compliqué.

Les *Niggers* et les *Twists* que ces lianes fournissent, constituent de bonnes qualités moyennes bien classées sur le marché. Dans la Haute Côte d'Ivoire, où la liane est la seule plante productrice, le caoutchouc est encore présenté sous forme de lanières, constituées par une infinité de larmes agglomérées, d'excellente qualité.

Il semble bien que les indigènes aient adopté le meilleur procédé de préparation de ce caoutchouc, mais en y apportant, selon leur mentalité, un manque de soin déplorable. On doit donc se restreindre à conseiller aux indigènes la propreté dans la récolte, afin d'obtenir des *Niggers* ou des lanières exempts de terre ou de débris d'écorce et quelques améliorations de détail, telles que la préparation en masses de petit volume, le sectionnement des boules pour montrer l'absence de fraudes, etc.; les moniteurs à caoutchouc sont également instruits dans ce sens de façon à pousser plus rapidement l'éducation des autochtones et à surveiller, dans la mesure du possible, la production et la manière d'opérer des récolteurs étrangers; ceux-ci, par leur cupidité, jouent en effet un grand rôle dans la destruction des peuplements de caoutchouc de la Colonie.

Le commerce trouvera des avantages matériels immenses à ce développement. C'est sur une production de 800 à 1 000 tonnes que l'on peut tabler pour une année. Si la même quantité avait une plus-value de 7 fr par kilo sur les marchés, c'est donc une augmentation, au bas mot, de 5 600 000 fr sur le chiffre d'affaires, au bénéfice du commerce local, obtenue sans chercher à atteindre une perfection qui présente trop de difficultés.

Avec les *Niggers* ou lanières une plus-value de 1 à 2 fr par kilo amènerait, sur 7 à 800 tonnes, une augmentation de prix d'un million au minimum.

STATISTIQUES

Le Commerce extérieur de la France en 1910.

En 1910, les importations en France se sont élevées à 6 759 850 000 fr contre 6 246 115 000 fr en 1909, soit une augmentation de 513 735 000 fr. Ces importations se divisent ainsi: objets d'alimentation, 1 266 847 000 contre 952 329 000 fr en 1909, augmentation 314 518 000 fr; matières nécessaires à l'industrie, 4 146 113 000 fr, augmentation 33 068 000 fr; objets fabriqués, 1 346 890 000 fr contre 1 180 741 000 fr, soit une augmentation de 166 149 000 fr.

Les exportations françaises se sont élevées en 1910 à 6 005 735 000 fr, contre 5 718 054 000 fr en 1909, soit une augmentation de 287 681 000 fr. Ces exportations se répartissent de la façon suivante: objets d'alimentation, 781 044 000 fr contre 823 557 000 fr en 1909, d'où une diminution de 42 513 000 fr; matières nécessaires à l'industrie, 1 798 033 000 fr contre 1 692 876 000 fr en 1909, soit une augmentation de 105 157 000 fr; objets fabriqués, 2 933 549 000 francs contre 2 748 022 000 fr., soit une augmentation de 185 527 000 fr; colis postaux, 492 209 000 fr contre 452 699 000 fr en 1909, d'où une augmentation de 39 510 000 fr.

Le commerce des charbons en France et en Allemagne en 1910.

L'importation des charbons étrangers en France n'a cessé de croître jusqu'en 1909. Pour la première fois, en 1910, on a enregistré une diminution de plus de 500 000 t. En 1910, les importations en France, des charbons anglais ont diminué, par rapport à 1909, de 909 403 t. et celles des charbons belges de 111 770 t., mais nous avons acheté 423 522 t. de plus de charbons allemands et 81 789 t. de plus de charbons d'autres pays.

Les importations de coke en France, en 1910, ont progressé de 334 433 t. pour l'Allemagne, de 6 919 t. pour la Belgique et de 5 973 t. pour les autres pays.

L'importation des briquettes a diminué de 23 448 t. pour les provenances anglaises, de 88 435 t. pour les provenances belges, de 8 989 t. pour les provenances allemandes; mais comme il y a eu augmentation de 67 097 t. pour les briquettes provenant d'autres pays, la diminution totale des exportations de briquettes en France en 1910 n'est finalement que de 35 837 t.

Pour l'année 1910, la France a importé :

Houille :

D'Angleterre	8 470 570 tonnes
De Belgique	4 052 080 —
D'Allemagne	2 156 720 —
D'autres pays	227 970 —

Coke :

D'Allemagne	1 747 140 tonnes.
De Belgique	495 610 —
D'autres pays	30 740 —

Briquettes :

De Belgique	671 810 tonnes.
D'Angleterre	121 060 —
D'Allemagne	109 310 —
D'autres pays	72 350 —

En Allemagne, l'importation de houilles étrangères qui, en 1909, s'était accrue de plus de 500 000 t. sur l'année précédente, a baissé de 1 003 041 t. en 1910 pour les houilles, de 768 700 t. pour les lignites et de plus de 50 000 t. pour les coques. L'importation, en Allemagne, des briques de houille a, par contre, augmenté en 1910 de 17 347 t. et celle des briquettes de lignite de 12 864 t.

Voici d'ailleurs les totaux, pour 1910, des importations en Allemagne :

TONNES

Houilles (surtout d'Angleterre)	9 653 115
Lignites (surtout d'Autriche-Hongrie)	7 397 563
Cokes (surtout de Belgique)	622 452
Briquettes de houille	137 625
Briquettes de lignite	103 644

La baisse des importations en Allemagne a pour cause l'augmentation de la production nationale, qui a doublé depuis dix ans pour les charbons.

Les exportations françaises de houille ont augmenté de 149 684 t. en 1910, mais nos exportations de coke ont diminué de 13 913 t. et celles des briquettes de 48 967 t.

Voici d'ailleurs le total de nos exportations pour 1910 :

Houille	1 278 711 tonnes.
Coke	168 975 —
Briquettes	132 391 —

Les exportations allemandes ont augmenté, en 1910, pour tous les combustibles: 906 946 t. de plus pour la houille, 681 107 t. de plus pour le coke, 368 086 t. de plus pour les briquettes de houille, 22 626 t. de plus pour les lignites. Les totaux suivants représentent les exportations allemandes de 1910 :

Houille	24 257 650 tonnes.
Lignite	62 441 —
Coke	4 125 398 —
Coke de lignite	2 136 —
Briquettes de houille	1 514 004 —
Briquettes de lignite	474 173 —

Les hauts fourneaux français au 1^{er} janvier 1911.

Le nombre total des hauts fourneaux français au 1^{er} janvier 1911 est de 156 contre 152

au 1^{er} janvier 1910, et sur cette quantité il y en a 114 à feu contre 106.

Voici la répartition de la production journalière de fonte par région et par qualité de métal au début des années 1910 et 1911 :

RÉGIONS	AFFINAGE		MOULAGE		THOMAS	
	1910	1911	1910	1911	1910	1911
Est . . .	380	480	1 635	1 645	5 435	6 300
Nord . .	740	990	60	60	890	890
Divers .	890	1 040	410	520	350	360
Totaux	2 010	2 510	2 645	2 225	6 675	7 550

La production journalière actuelle est de 12 085 tonnes, contre 11 330 au 1^{er} janvier 1910. Cette augmentation est due principalement à la fonte Thomas, dont la fabrication a progressé sensiblement en raison des nouvelles aciéries créées.

Les chemins de fer de l'Europe en 1910.

La longueur des voies ferrées européennes livrées à l'exploitation au 1^{er} janvier 1910 était de 329 691 km, soit un accroissement de 1 067 km sur l'année précédente, représentant une moyenne de 3 km 4 par myriamètre carré et de 8 km 3 par 10 000 habitants.

Le détail par pays s'établit ainsi :

	Kilom.	Par myr. ²	Par 10 000 hab.
Allemagne	60 089	11,1	9,9
Autriche-Hongrie . . .	43 717	6,5	9,3
Belgique	8 278	28,1	12,4
Bulgarie	1 746	1,8	4,0
Danemark	3 484	9,1	15,5
Espagne	14 956	3,0	8,1
France	48 579	9,1	12,4
Grande-Bretagne et Irlande	37 475	11,9	9,0
Grèce	1 580	2,4	6,4
Italie	16 799	5,9	5,1
Luxembourg	512	19,7	21,6
Norvège	3 002	0,9	13,5
Pays-Bas	3 100	9,4	6,1
Portugal	2 894	3,1	5,3
Roumanie	3 355	2,5	5,7
Russie et Finlande . .	59 403	1,1	5,6
Serbie	678	1,4	2,7
Suède	13 797	3,1	26,9
Suisse	4 580	11,1	13,8
Turquie	1 557	0,9	2,6
Malte, Jersey et Man .	110	10,0	3,0

L'industrie électrique en Suède.

L'Elektrotechnische Anzeiger annonce que quatre usines hydraulico-électriques situées sur le Lagan, le plus puissant cours d'eau de la région S.-O. de la Suède, ont été inaugurées le 17 septembre 1910. Ce fleuve forme de nombreuses chutes d'eau dont quatre, éloignées l'une de l'autre de 13 km au maximum, viennent d'être mises en valeur. Au moyen de digues puissantes, de canaux et de murs protecteurs, on a créé de vastes réservoirs artificiels et, ainsi, obtenu une disponibilité, en énergie hydraulique, de plus de 20 000 ch.

Les courants triphasés à 50 périodes ont leur tension élevée, pour le transport à distance, à 50 000 volts. Actuellement, l'entreprise dispose de deux lignes de transmission : de Knared à Halmstad (40 km) et de Knared à Trelleborg (150 km) ; elles alimentent les villes d'Engelholm, Helsingborg, Landskrona, Malmö, Lund, Lomma, Kjöfinge, etc. Les villes actionnaires payent le courant, mesuré dans les sous-stations de transformateurs à basse tension qu'a installées la Cie, à raison de 0,05 fr le kw-heure durant le jour et à raison de 0,014 fr le kw-heure durant la nuit. Pour les autres abonnés (particuliers, industriels, municipalités), plus le point de consommation est éloigné des quatre usines

génératrices précitées, plus le prix doit être majoré en raison de l'accroissement des frais de transformation et de transmission.

TECHNOLOGIE INDUSTRIELLE

Les Locomotives américaines modernes.

(Suite) (1).

Le type Prairie a été également employé avec succès et a fourni des vitesses égales à celui du type Pacific. La plus forte locomotive citée appartient au type Mallet. Construite par les ateliers Baldwin en octobre 1909 pour la ligne du chemin de fer Atchison, Topeka et Santa-Fé, elle pèse au total en marche 170 tonnes dont 120 tonnes, sur les roues motrices. La puissance de traction est de 24.000 kg. Elle est alimentée au pétrole, avec surchauffe. La boîte à feu est du type Jacobs-Schupert. M. Cole donne toutes les dimensions intéressantes des vingt-quatre locomotives figurées.

M. J. F. M'lutosh décrit les *locomotives anglaises à grande vitesse*. Dans les nouvelles chaudières, on a augmenté les diamètres des soupapes de sûreté ; certaines chaudières portent jusqu'à quatre soupapes qui ont 10 cm de diamètre. Les pressions de vapeur s'élèvent à 14 kg et ne s'abaissent pas au-dessous de 12 kg à moins d'employer la surchauffe. Les tubes d'acier commencent à être utilisés dans ces générateurs. Pour des vitesses de 80 à 110 km, les roues motrices ont généralement de 1^m,97 à 2^m,13 de diamètre. Le bogie directeur à quatre roues se retrouve dans toutes les locomotives anglaises. 18 tonnes 1/2 par essieu moteur paraissent être un maximum de charge. Les machines à six roues accouplées sont maintenant en faveur, mais il est encore trop tôt pour se prononcer à leur sujet. Les systèmes compound sont peu pratiqués en Angleterre, par suite de la complication du mécanisme. La surchauffe a ses partisans : elle a pour conséquences, la nécessité d'accroître les surfaces du piston et le graissage sous pression ; elle réclame plus d'attention dans la conduite de la machine. L'auteur arrive à la conclusion que la locomotive actuelle peut avoir encore une longue vie, mais sans qu'on puisse affirmer que de grandes modifications soient impossibles dans un avenir prochain.

M. A. Bone passe en revue les *types les plus récents des locomotives en service dans les divers Etats de l'Europe*. Il décrit successivement les locomotives à marchandises à dix roues accouplées (chemins de fer prussiens, Compagnie P.-L.-M. et d'Orléans, chemins de fer de Saxe, Suède, Wurtemberg, Italie, Serbie) ; locomotives à marchandises à huit roues accouplées (chemins de fer de Sicile, Anatolie, Suède, Suisse, Italie, Bade) ; locomotives à marchandises à six roues accouplées (chemins de fer de Saxe, Italie, Bade) ; locomotives à marchandises à six roues accouplées (chemins de fer de Danemark) ; locomotives à voyageurs à six roues accouplées du type Pacific (chemins de fer d'Orléans, Bavière, Bade, Wurtemberg, Alsace-Lorraine, Ouest) ; locomotives à voyageurs à six roues accouplées, type 2-6-2 (chemins de fer d'Italie) ; locomotives à voyageurs à six roues accouplées : type 4-6-0 équilibrées à quatre cylindres (chemins de fer d'Alsace-Lorraine, de l'Ouest, P.-L.-M., Algérie, Belgique) ; même type à deux cylindres (chemins de fer de Saxe, de Prusse, du Brabant) ; type 2-6-0 (chemins de fer d'Italie, Prusse) ; locomotives à 6 roues accouplées à réservoir d'eau : type 4-6-4 équilibré à quatre cylindres

(chemin de fer P.-L.-M.) ; type 2-6-2 équilibré à quatre cylindres (chemins de fer de l'Ouest) ; type 2-6-0 express à deux cylindres (chemin de fer de Prusse) ; type 4-6-0, à voyageurs à deux cylindres (chemin de fer d'Italie) ; locomotives type Atlantic à quatre roues accouplées 4-4-2, à deux cylindres (chemin de fer de Saxe), à quatre cylindres (chemin de fer de Prusse) ; locomotives à deux cylindres, à quatre roues accouplées 4-4-0 (chemins de fer d'Oldenbourg, Prusse).

M. Bone fait remarquer les différences qui existent entre les locomotives anglaises et celles du reste de l'Europe : les premières sont plus simples que les autres. Les constructeurs du continent européen font des machines compliquées, surtout quand ils travaillent sous les ordres des compagnies de chemins de fer ; quand ils construisent pour l'exportation, à leur guise, ils reviennent à des modèles plus simples. La complication dans les détails est surtout apparente dans les locomotives de construction française, ce qui augmente inutilement le prix de fabrication (machining and fitting unnecessarily expensive). La raison de la différence avec les locomotives anglaises proviendrait peut-être de ce qu'en Angleterre le charbon est à bas prix, et on s'inquiète beaucoup moins de l'économiser. On sacrifie une certaine fraction de la consommation de charbon à la simplicité du mécanisme. Le développement pris par les machines à deux ou quatre cylindres compound fait malgré tout contraste avec les usages anglais. La rapidité d'application de la surchauffe est remarquable. Près de 2 000 locomotives l'emploient en Prusse.

Le classement des 42 locomotives étudiées est intéressant à ce double point de vue :

SIMPLE EXPANSION : 19.

2 cylindres : 18 :

Vapeur saturée : 2	4,76 %
Vapeur surchauffée : 16	38,10 %

4 cylindres : 1 :

Vapeur surchauffée	2,37 %
------------------------------	--------

COMPOUND : 23.

2 cylindres : 5 :

Vapeur saturée : 3	7,14 %
Vapeur desséchée : 2	4,76 %

4 cylindres : 18 :

Vapeur saturée : 11	26,20 %
Vapeur desséchée : 1	2,37 %
Vapeur surchauffée : 6	14,30 %

L'usage du changement de marche Welschaert est presque général. Chaque système a ses ardens partisans, et cela prouverait que l'on n'a pas encore réalisé la perfection qui concilierait tous les suffrages. Des tableaux très complets donnent toutes les dimensions utiles relatives aux 42 locomotives.

M. H.-B. Mac Farland étudie les *locomotives à marchandises chauffées au pétrole*. L'emploi de ce genre de locomotives est localisé aux régions où le pétrole est abondant, en Californie, par exemple, sur les lignes côtières des chemins de fer de Santa-Fé. Toutes les locomotives à marchandises et à voyageurs, qui roulent entre Winslow, Arizona et San-Francisco Cal. sur une distance de 1 460 km, entre Borstow et Los Angeles Cal. sur une distance de 225 km et dans la région ouest de Winslow ont des brûleurs à pétrole. Cet usage date d'une quinzaine d'années. Toutes sortes d'expériences et d'essais ont été faits pour élever le rendement de vaporisation de l'eau sans endommager les foyers ou les chaudières. Ces locomotives ont à supporter des températures atmosphériques variables de 39° C à 0° par suite des différences d'altitude sur des pentes qui ont jusqu'à 3 %.

(A suivre.)

Norbert LALLIER.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 4, p. 259.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES DES OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS

Les actions de travail, par J. GRANIER, avocat. Préface de Ch. Gide, professeur à la Faculté de droit de Paris. — 1 vol. in-16 de 357 p., 7 fr. (Larose et Tenin, éditeurs. Paris, 1910.)

On parle beaucoup à l'heure actuelle des actions de travail par opposition aux actions argent, et le problème de la participation des travailleurs aux bénéfices des industries se posera bientôt devant le Parlement. Ce sera une grande réforme accomplie dans les relations qui existent entre employeurs et employés, et l'auteur a eu le mérite de nous l'exposer avec détails et précision en montrant au lecteur ses avantages et ses inconvénients. Il envisage d'abord l'action de travail individuelle, puis l'action de travail collective. Dans un examen critique, il expose enfin la nature juridique de l'action de travail et son avenir. Ce livre vient à son heure et sera lu avec intérêt par les industriels et les sociologues qui, pour la première fois, peuvent consulter un ouvrage d'ensemble sur cette question de brûlante actualité. — G. B.

Le chauffage économique des appartements par l'eau chaude, par A. BERTHIER, ingénieur. — 1 vol. in-8° broché de 172 pages avec figures, 4 fr 50. (H. Desforges, éditeur, Paris, 1910.)

Le chauffage central par l'eau chaude est devenu d'un emploi général pour le chauffage des appartements. L'auteur a exposé les différents systèmes proposés actuellement par l'industrie.

Il étudie successivement le thermosiphon, le chauffage à circulation accélérée, le calorifère-cuisinière avec leurs avantages particuliers.

L'auteur expose ensuite le calcul des installations de chauffage à basse pression et à haute pression (méthodes de Rietschel, de Ritt et de Klinger), ce qui peut rendre service aux entrepreneurs pour établir leurs devis, pour l'installation du chauffage central par l'eau chaude. — L. L.

Émaux (La fabrication industrielle des) et couleurs céramiques, par Louis FRANCHET. — 1 vol. in-8° avec figures. Prix : 6 fr. (*Revue des matériaux de construction*, éditeur. Paris, 1911.)

Dans ce traité de la fabrication de toutes les matières décorantes utilisées en céramique, l'auteur décrit d'abord les minéraux, les roches et les produits chimiques entrant dans leur composition et expose le rôle de chacun d'eux. Il étudie ensuite les différentes sortes de matières décorantes, fritte, fondant, vernis, glaçure, émail, couleur.

La préparation de ces produits et leur cuisson sont décrites en détail. Cet ouvrage essentiellement pratique sera utile à tous les céramistes. — G. G.

Genèse de la Terre. — Géologie nouvelle, basée sur une théorie chimique, expliquant la formation de la Terre, des Roches terrestres et de la Lune, par H. LENICQUE, ingénieur des Arts et Manufactures. — 1 vol. in-8° de 270 pages, avec 57 figures, 7 fr. (A. Hermann et fils, éditeurs. Paris, 1910.)

M. Lenicque explique la genèse de la Terre, au moyen des phénomènes récemment étudiés par les chimistes sur les réactions des corps entre eux aux températures du four électrique. Il développe successivement les conséquences qu'il tire de ces phénomènes et montre que la terre a dû passer progressivement de la nebu-

leuse au sphéroïde incandescent; puis elle a pris l'aspect d'un soleil pour devenir enfin une planète refroidie, où la vie s'est développée et perfectionnée, aidée dans son évolution par l'apparition des roches; cette apparition a été accompagnée de phénomènes chimiques qui ont purifié l'atmosphère en la rendant respirable. Donc, d'après M. Lenicque, les roches ne sont pas d'origine biologique, c'est au contraire la vie qui a été la conséquence de la formation des roches. — R. L.

Histoire de l'Hygiène sociale, par le Dr Th. WEYL, avec la collaboration de Marg. WEINBERG, traduit de l'allemand par le Dr Robert ANDRÉ. — In-8° de viii-472 pages, avec 8 fig. et 2 pl., 9 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1910.)

Le développement de l'hygiène sociale peut être présenté à deux points de vue : on peut, soit se contenter de la simple énumération chronologique, soit chercher les rapports de l'hygiène avec la médecine, la jurisprudence, les systèmes philosophiques, etc.

Comme les recherches scientifiques ne peuvent fournir des matériaux que pour des périodes très restreintes, l'auteur a adopté la première méthode qui paraît préférable pour exposer clairement le développement de l'hygiène et son rôle dans la société moderne. — G. H.

Lignes électriques aériennes (Etude et construction), par Ph. GIRARDET, ingénieur I. E. G. — In-8° (23×15) de 181 pages avec 13 figures, 5 fr. (Gauthier-Villars, éditeurs. Paris, 1910.)

La construction des lignes électriques fait appel aujourd'hui à une technique particulière plus précise et plus sûre, qui fait que la construction d'une ligne à haute tension est comparable à la construction d'une voie ferrée par exemple. C'est cette technique que l'auteur expose en se plaçant à la fois au point de vue méthodique et économique. Il y a traité toutes les questions pratiquement, aussi bien au point de vue construction qu'au point de vue de la législation. — P. B.

Ponts en maçonnerie (Calcul et construction), par A. AURIC, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, ingénieur en chef de la ville de Constantinople. — 1 vol. in-18 Jésus cartonné toile, de 400 pages, avec 109 figures, 5 fr. (O. Doin et fils, éditeurs. Paris, 1911.)

Dans la préface, M. Résal commence par dire que la construction des ponts en maçonnerie ne relève pas exclusivement de la technique de l'ingénieur, mais la question d'esthétique y joue presque toujours un rôle important.

Au point de vue technique, M. Auric s'est livré à des considérations générales sur les divers types de voûtes, sur leur rôle et sur leur stabilité, qui fait échapper sa rédaction au reproche d'aridité que l'on adresse souvent aux livres écrits spécialement pour les ingénieurs.

En ce qui touche les problèmes de stabilité et les procédés d'exécution, on trouve une étude très complète des courbes d'intrados et d'extrados des voûtes, et des profits de raccordement des chaussées; des recherches personnelles sur la stabilité des voûtes, avec applications à la cycloïde et à la chaînette, sur le calcul des épaisseurs, etc. La question des arcs à triple articulation, qui ont aujourd'hui de nombreux partisans, y est traitée de façon approfondie.

Enfin l'auteur énonce une formule nouvelle pour le battage des pieux.

L'ouvrage de notre éminent collaborateur constitue un traité complet et sûr que les ingénieurs débutants et praticiens consulteront avec profit. — H. A.

Les substances isolantes et les méthodes d'isolement utilisées dans l'industrie électrique, par Jean ESCARD, ingénieur. — 1 vol. in-8° de xx-314 pages, avec 182 figures, 10 fr. (Gauthier-Villars, éditeur. Paris, 1911.)

Le transport de l'énergie électrique nécessitant une connaissance approfondie des isolants, le présent ouvrage constitue une étude complète sur les substances isolantes. Voici, du reste, les principales questions traitées :

Considérations générales sur la conductibilité électrique et le pouvoir isolant des corps. Phénomènes propres aux substances isolantes : Nature des isolants employés industriellement. Qualités essentielles que doivent posséder les isolants industriels. Isolants constitués par des métalloïdes : L'air considéré comme isolant. Câbles à isolement d'air. Isolants à base de soufre. Isolants à base de matières minérales : Mica, micanite et produits dérivés. Amiante et isolants à l'amiante. Marbre et ardoise. Isolants minéraux divers. Verres isolants. Porcelaines isolantes. Isolants organiques composés de caoutchouc ou d'ébonite. Résines, gutta-percha, gomme laque et bitumes. Isolants organiques à base d'huiles, de paraffine ou de matières albuminoïdes. Isolants organiques constitués par des dérivés de cellulose. — V. P.

Le Water-jacket à cuivre, par G.-C. de VENANCOURT, ingénieur des Arts et Manufactures. — In-8° de xx-424 pages, avec 208 fig. Broché, 18 fr; cartonné, 19 fr. 50. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1910.)

L'ouvrage de M. de Venancourt est essentiellement pratique et s'adresse par suite aux métallurgistes débutants. Certains côtés pratiques ont été même traités avec un luxe de détails qui paraîtra peut-être excessif; de même certains calculs, comme le calcul d'un lit de fusion par exemple, ont été expliqués le plus complètement possible.

Il a paru, en effet, important à l'auteur de donner aux débutants le plus grand nombre possible de points d'appui, afin de leur faciliter leur tâche. Certains de ces détails pratiques, ainsi que des calculs métallurgiques se rencontrent difficilement. D'autres sont classés dans les catégories des secrets de métiers.

C'est le résultat des diverses études de l'auteur et de son expérience qui a été condensé par lui dans cet ouvrage bien documenté. — P. B.

La matière et les forces de la nature, par D. BRISSET, professeur honoraire de mathématiques au lycée Saint-Louis. — 1 br. in-16 de 70 pages, 2 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1910.)

L'auteur fait connaître, dans ce travail, une nouvelle conception des causes premières qui produisent les grands phénomènes de la nature. Cette théorie admet à sa base un petit nombre d'hypothèses qui se réduisent, simplement, à la constitution de l'éther et à celle de la matière pondérable. Comme toute théorie de ce genre, celle de M. Brisset est discutable. — N.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imp., 1, rue Cassette.

La Technique Moderne

GÉNIE MARITIME

LES APPLICATIONS FRIGORIFIQUES A BORD DES NAVIRES DE GUERRE

RÉFRIGÉRATION ET VENTILATION DES SOUTES A POUDRES B

NÉCESSITÉ DE LA RÉFRIGÉRATION ET DE LA VENTILATION.

Il est nécessaire de réfrigérer et de ventiler les soutes à poudres des navires de guerre pour les raisons que nous allons exposer :

1° POINT DE VUE DE LA CONSERVATION DES POUDRES. — Les poudres B sont des composés à base de nitro-cellulose, dont l'action trop brisante est atténuée par la présence de dissolvants tels que les éthers et les alcools. Comme ces dissolvants sont très volatils, ils tendent à s'échapper dans le milieu ambiant non saturé, et cette tendance est d'autant plus accentuée que la température extérieure est plus élevée.

Les poudres B sont donc, comme la plupart des corps endothermiques, essentiellement instables et en voie continue de décomposition.

La poudre B se présente sous forme de baguettes cylindriques, de tubes, de plaquettes, etc. Comme ses propriétés balistiques dépendent de la quantité de dissolvant incorporé, on règle cette quantité par une évaporation convenable à l'air libre, ou mieux à l'étuve, dans une atmosphère physiquement et chimiquement déterminée.

Dans une poudrerie moderne, l'air, partiellement chargé de vapeurs d'éther et d'alcool en quantités connues, est réchauffé à température fixe avant d'être mis en contact avec les poudres à évaporer, qui doivent abandonner une fraction déterminée à l'avance de leurs dissolvants. Cet air, dont la teneur en vapeurs d'éther et d'alcool a été augmentée, est ensuite débarrassé de l'excès de ces vapeurs dont il vient de se charger, par un passage rationnel et méthodique au contact de surfaces refroidies, directement ou indirectement, par une machine frigorifique.

La température de réfrigération est calculée pour que la condensation des vapeurs d'éther et d'alcool soit juste celle qui est nécessaire, sans excès, de façon que l'air, ainsi partiellement débarrassé, puisse être envoyé à nouveau après réchauffage, au contact de nouvelles poudres à évaporer, et que son action absorbante soit toujours la même pour obtenir des produits à qualités balistiques constantes et connues.

L'air partiellement chargé de vapeurs d'éther et d'alcool est en général introduit à une température d'environ 30° C au contact des matières à essorer. L'essorage, provoquant une évaporation, abaisse sa température à environ 15° C. La condensation des vapeurs qu'il vient d'absorber pendant cette opération, s'effectue dans un frigorifère dont les surfaces actives sont refroidies à une température de — 10° C à — 15° C. L'air sort de cet appareil à une température d'environ — 5° C et il est, après son passage dans un

récupérateur de frigories (qui n'est installé que lorsque la force motrice coûte assez cher) ou à son défaut dans un réchauffeur, réchauffé aussi près que possible de + 15° C, et est admis à nouveau au contact de nouvelles matières à évaporer.

On se rend compte, par ce qui précède, de la minutie des soins nécessaires pour la fabrication des poudres B, surtout eu égard à l'incorporation de quantités précises de dissolvant.

Comme les propriétés balistiques de la poudre sont fonction de la quantité de dissolvant incorporée, il y a donc grand intérêt à empêcher le plus possible son départ après fabrication, et à placer les poudres dans un milieu qui favorise très peu cette décomposition latente. Un milieu favorable sera celui dont la température n'est pas trop élevée, inférieure à 30° C par exemple, et surtout, puisqu'on a affaire à un corps endothermique, dont les variations de température soient très faibles.

Comme, d'un autre côté, le départ des dissolvants est régi par la loi des tensions de vapeur saturée, il y a intérêt à placer les poudres à conserver en vases clos. Les caisses à gargousse à fermeture étanche remplissent ce but. Toutefois, certaines observations qui ont décelé la présence de vapeurs d'éther autour de ces caisses fermées, permettent de douter, dans certains cas, de leur étanchéité absolue.

Il y a donc à prévoir, quoi qu'on fasse pour les poudres B, une durée limitée, ou, suivant l'expression consacrée, un âge maximum. Un des buts à atteindre, en plaçant ces poudres dans des soutes dont les conditions thermiques sont peu élevées (25° par exemple), et aussi constantes que possible, est d'augmenter leur âge en conservant des propriétés balistiques invariables.

Pour fixer les idées, nous pouvons mentionner que l'élimination de 1 % de dissolvant correspond à une augmentation de vivacité de la poudre de 15 % environ, ce qui augmente de 3 % à 4 % les vitesses initiales.

Par suite, pour utiliser ces poudres, on est forcé de faire des corrections initiales afin d'éviter tout dérèglement de tir. Ces corrections ont l'inconvénient grave de ralentir le tir, de diminuer sa précision, et, par conséquent, de réduire la valeur offensive et défensive du bâtiment de guerre.

Lorsque la quantité de dissolvant éliminée est un peu élevée, les poudres sont, ou bien affectées exclusivement aux tirs d'exercice, ou bien détruites, le tir n'ayant plus aucune précision, et, d'autre part, les pressions qui se développent dans l'âme des pièces pouvant atteindre une limite dangereuse.

Les poudres B doivent, non seulement être maintenues dans une atmosphère à température constante, mais aussi dans un milieu ambiant dont le degré hygrométrique soit toujours le même. On admet cependant que ce degré hygrométrique peut

subir sans inconvénient une variation maximum de 5 %, par exemple de 0,75 à 0,80. Au delà de cette limite, il peut se produire, à la moindre variation de température, des dépôts d'humidité qui se condensent sur les parties plus froides (en particulier sur les caisses à gargousses), et peut accidentellement être amenée au contact des poudres elles-mêmes.

Cette humidification de poudres B, même légère, est extrêmement grave, surtout lorsqu'elle se rapporte à des produits déjà assez âgés. En effet, les composés nitreux provenant d'une décomposition initiale sont fixés par l'eau à l'état d'acide nitrique, qui accroît la vitesse de décomposition par suite du dégagement de chaleur de la réaction. La température s'élève de plus en plus, et peut atteindre la température d'explosion spontanée qui est voisine de 180° C.

Bien que dans les accidents survenus, en particulier à bord du cuirassé *Iéna*, il ait été difficile d'admettre que les poudres aient atteint cette température critique, il n'est pas impossible que, dans une caisse à gargousses, la partie centrale des poudres, bien protégée par la périphérie formant isolant, ait atteint de très hautes températures; ceci est d'autant plus plausible qu'il avait été relevé dans certaines soutes mal ventilées des températures supérieures à 60° C.

Quoi qu'il en soit, l'action de l'humidité sur la poudre B a pour effet de diminuer sa vivacité; les pressions dans l'âme des pièces sont réduites, les trajectoires sont moins tendues; le tir est, en somme, déréglé en sens inverse de la perturbation apportée par l'élimination partielle du dissolvant après fabrication.

En résumé, au seul point de vue de la conservation des poudres B, il y a grand intérêt à maintenir ces poudres, et par conséquent l'atmosphère dans laquelle elles sont placées, dans des conditions thermiques et hygrométriques déterminées, aussi peu variables que possible.

Comme les causes de réchauffement et de variation de température à bord des navires de guerre sont puissantes et multiples, le problème à résoudre n'est pas simple pratiquement.

On verra plus loin quelles sont les difficultés à vaincre et comment on arrive à les surmonter.

2° POINT DE VUE FINANCIER. — Les poudres à base de nitro-cellulose sont des corps qui coûtent très cher. Leur prix varie entre 15 000 fr et 25 000 fr la tonne. Il est donc de toute nécessité qu'un produit aussi précieux, et dont la décomposition peut avoir des conséquences aussi néfastes, soit placé dans des conditions où il puisse conserver ses propriétés initiales.

On peut s'étonner, à juste titre, qu'on ne se soit pas préoccupé plus tôt de cette question primordiale, alors que depuis plus de trente ans le transport des denrées périssables — qui sont des produits dont la valeur marchande est faible par rapport à celle de la poudre B — s'effectue dans des conditions thermiques et hygrométriques assurant une conservation parfaite de ces denrées.

Il existe un grand nombre de navires de commerce possédant des chambres aménagées suivant les dernières règles de l'hygiène, dans lesquelles on peut réaliser ces conditions, pour toutes sortes de marchandises périssables.

On ne s'est aperçu qu'assez récemment de cette anomalie, et toutes les marines de guerre ne prévoient plus, maintenant, de bâtiments sans installation de réfrigération et de ventilation des soutes à poudres. Ces installations sont d'autant plus utiles que les navires de guerre se déplacent souvent dans les mers tropicales, ou subissent des séjours prolongés au bassin, dans des arsenaux où la température extérieure atteint parfois 40° C.

Il faut non seulement doter les nouvelles unités de ces installations indispensables avec l'emploi de la poudre B, mais penser aux anciens bâtiments dont, pour quelques-uns, les soutes atteignent quelquefois des températures de plus de 65° C.

En empêchant une décomposition hâtive des poudres, ou, pour mieux dire, en prolongeant leur vie, on réalise des économies

importantes; on réduit, en effet, les frais de surveillance, de radoubage, et les pertes sèches résultant de la destruction des produits non utilisables. On estime, en France, à plus de 10 millions par an cette catégorie de dépenses.

Si l'on compare cette dépense importante au coût d'une installation de réfrigération et de ventilation des soutes, estimée, pour un cuirassé de 15 000 tonneaux, à moins de 200 000 fr, et si l'on songe, par surcroît, aux catastrophes qui se sont déjà produites et qui ont coûté le sacrifice inutile de tant de vies humaines et d'énergies, ainsi que la perte d'unités valant jusqu'à 60 millions de francs, on peut être surpris qu'il ait fallu vaincre tant d'incrédulités et d'hésitations avant de généraliser l'adoption de ces installations à bord des navires de guerre.

Il n'est pas évident que les explosions comme celles de l'*Iéna* aient été dues exclusivement à la température excessive des soutes à poudres et à leur ventilation insuffisante, mais il est certain que les poudres B saines, placées dans des soutes convenablement ventilées, dont les conditions thermiques et hygrométriques restent toujours invariables, ont des qualités balistiques constantes et se conservent plus longtemps, sans danger de décomposition rapide et d'explosion spontanée.

La présence de ces installations crée, évidemment, un surcroît de travail à bord et certaines sujétions; mais ces inconvénients ne sont pas excessifs pour des installations bien comprises, et que sont-ils auprès de ceux qui résultent d'un tir déréglé, de millions gaspillés, et d'équipages anéantis!

Il importe à la France, qui s'est laissé devancer dans cette voie de protection par les marines étrangères — bien que l'idée première des applications industrielles du froid soit due à un Français — de doter toutes ses unités de combat des moyens propres à accroître leur valeur militaire, la sécurité et la confiance des équipages.

Il est permis d'affirmer qu'il existe, en France, à la fois des ingénieurs spécialistes expérimentés, et le matériel nécessaire, ayant fait ses preuves, pour résoudre avec succès le problème de la réfrigération et de la ventilation des soutes à poudres, sans avoir aucunement recours à l'industrie étrangère.

DIFFICULTÉS À VAINCRE.

Le problème de la réfrigération et de la ventilation des soutes à poudre pour maintenir — quelles que soient les conditions physiques extérieures — une température et un degré hygrométrique sensiblement constants dans ces soutes, comporte un grand nombre de variables qui dérivent de trois sources de chaleur principales :

1° L'air extérieur, dont la température peut atteindre 40° C et plus. Son influence est plus grande, en général, quand le bâtiment est au bassin que lorsqu'il navigue;

2° L'eau de mer, dont la température varie, dans de grandes limites, suivant la contrée. L'eau de mer est toujours plus froide que l'air ambiant, la différence étant de 6° C à 10° C suivant les régions;

3° La chaleur interne du bateau qui dépend de l'intensité du fonctionnement des machines principales, des appareils auxiliaires placés souvent dans le voisinage immédiat des soutes à poudres et de la ventilation. Cette chaleur interne est aussi fonction de la température de l'air extérieur et de la mer. La transmission de cette chaleur interne est très active et facilitée par la présence d'un très grand nombre de parois métalliques conductrices dont le rayonnement est intense.

Cette grande conductibilité et ce rayonnement de la chaleur obligent, si l'on veut réaliser dans les soutes à poudres les conditions indiquées précédemment, à isoler les parois de ces locaux au moyen de matériaux appropriés et mauvais conducteurs de la chaleur, dont il sera question plus loin.

Cette isolation est rendue difficile par la présence de nombreux

barrots, membrures, vaigrages, surfaces courbes, angles vifs, etc., et à l'inconvénient de réduire le cube utile des soutes.

La méthode de réfrigération adoptée, et qui, en particulier, a été appliquée à bord des croiseurs cuirassés *Dupleix*, *Kléber*, *Desaix*, conduit à opérer le refroidissement des soutes par circulation d'air. Il en résulte la nécessité de placer, dans des locaux déjà encombrés, des canaux d'air, que l'on rend aussi peu volumineux que possible, et auxquels on donne des formes appropriées, circulaires, carrées, aplaties, suivant la place dont on dispose. Ces canaux se recourbent souvent à angle droit, par nécessité, alors qu'un bon rendement de l'installation exigerait des conduits à grande section, courbés suivant de grands rayons, pour diminuer les pertes de charge. Les résistances des canalisation se transforment en effet finalement en calories, qui viennent détruire un nombre équivalent de frigories produites par les machines frigorifiques.

On est ainsi quelquefois conduit, par manque de place, à sacrifier le rendement au faible encombrement et à la légèreté.

Par exemple, à bord d'une canonnière russe, sur laquelle on a fait, il y a quelques années, une installation frigorifique complète, tant pour la réfrigération des soutes à poudres que pour la conservation des denrées périssables, la fabrication de la glace, la réfrigération de l'infirmerie et des chambres d'officiers, on a été amené, en raison du peu de place disponible, à adopter, dans certains canaux d'air, des vitesses de circulation de 15 m par seconde.

Une autre raison qui oblige à donner aux canalisation, soit d'air, soit d'eau, de faibles dimensions, est la nécessité, dans certains cas, de traverser des cloisons étanches, ce qui, comme on le verra plus loin, sera une des causes de sectionnement et de multiplicité des postes de réfrigération et de ventilation à bord du navire.

L'air servant à la réfrigération et à la ventilation des soutes à poudres devra être sec au degré voulu, et ne pas tenir en suspension des gouttelettes d'eau qui iraient se déposer sur les parois et sur les caisses à gargousses, ce qui augmenterait les chances d'humidification des poudres.

Le système de réfrigération adopté devra permettre, suivant la température de l'air et de l'eau de mer, de pouvoir refroidir et ventiler les soutes en employant les sources de froid suivantes :

1° Eau de mer refroidie par les machines frigorifiques avec ventilation en circuit fermé;

2° Eau de mer non refroidie avec ventilation en circuit fermé;

3° Eau de mer non refroidie avec ventilation en circuit ouvert;

4° Air extérieur avec ventilation simple en circuit ouvert.

Les canalisation d'air devront être disposées pour réaliser un brassage effectif en tous les points des soutes, ce qui complique souvent leur parcours; en particulier, les canaux d'aspiration devront permettre la succion des vapeurs d'éther plus lourdes que l'air qui peuvent s'amonceler dans les parties basses.

On devra aussi prendre toutes les précautions nécessaires pour que les exercices journaliers effectués dans les soutes, et qui occasionnent des ouvertures de portes et des mouvements de monte-charges, produisent le moins de perturbations possible.

La machinerie devra être aussi peu encombrante et aussi légère qu'il se peut; la hauteur dont on dispose, y compris les démontages, n'est souvent que de 1^m,85.

La robustesse et l'endurance devront être à toute épreuve, étant donnée l'importance du service à remplir, la marche prolongée pouvant atteindre vingt et une heures par jour, et l'impossibilité pratique d'embarquer des rechanges pour tous les appareils.

La sécurité mécanique devra être aussi grande que la sécurité physique pour le personnel. Les dispositifs compliquant la marche seront écartés, même s'il en résulte un désavantage sur le rendement; on doit se rappeler que la puissance absorbée par les machines frigorifiques est inférieure à 100 HP pour un cui-

lassé de 20 000 tonnes, alors que la puissance des machines motrices est de plusieurs dizaines de mille chevaux.

Les réparations courantes, les démontages, devront être simples, rapides, sans exiger de connaissances trop spéciales.

Les machines ne doivent pas non plus être la cause de vibrations exagérées et de bruits anormaux. Cette recommandation a son importance quand les appareils frigorifiques sont placés, comme cela arrive quelquefois, dans le voisinage des postes de télégraphie sans fil.

On doit aussi prévoir le cas d'avarie momentanée à une machine, et ne pas, par ce fait, être contraint d'arrêter la circulation d'air froid dans les soutes. On devra donc faire en sorte de produire, dans le circuit de réfrigération, une certaine accumulation de frigories pouvant permettre de parer à cet arrêt et de continuer à envoyer du froid dans les soutes, même après l'immobilisation d'une machine frigorifique.

Toutes les précautions devront être prises pour éviter l'attaque des métaux par l'eau de mer, et diminuer la dépense de matières consommables, telles que fluide frigorifique et lubrifiant, de façon à réduire les approvisionnements à embarquer.

En résumé, la principale qualité que devront présenter les installations de réfrigération et de ventilation des soutes à poudres est, après la simplicité et la sécurité, une *grande élasticité de marche* permettant de produire une gamme de puissances frigorifiques variables pour parer à l'éventualité d'à-coups dans les apports de chaleur extérieure, ou à un arrêt momentané d'une machine.

À ce sujet, on pourra se rendre compte, en examinant le tableau de réception officiel des machines qui sont en fonctionnement à bord du *Dupleix*, du *Kléber* et du *Desaix*, que ces appareils ont donné aux essais toute une série de puissances frigorifiques, depuis les plus faibles, jusqu'à une production supérieure de plus de 65 % à celle garantie.

Par des manœuvres très simples, on devra pouvoir, lorsque les conditions thermiques et hygrométriques le permettront, passer de la réfrigération avec machine frigorifique à la réfrigération par l'eau de mer non refroidie, ou par l'air, en circuit ouvert.

Comme nous l'avons déjà dit, la présence de machines nouvelles à bord crée un surcroît de travail pour le personnel, et diverses sujétions relatives à la réglementation des heures d'exercice dans les soutes. On ne peut qu'accepter ces légers inconvénients, qui, en somme, n'existent réellement que dans les régions chaudes, puisqu'il s'agit d'un but aussi important à atteindre.

SOLUTION DU PROBLÈME.

Les données du problème sont les suivantes :

Maintenir dans les soutes à poudres :

1° Une température fixe et voisine de $+25^{\circ}\text{C}$ (ce nombre est assez variable suivant les marines, mais oscille toujours autour de 25°C ;

2° Un degré hygrométrique constant et voisin de 0,75 %.

L'eau de mer étant supposée à la température de 32°C (cas très rare),

L'air extérieur étant saturé et à la température de 40°C .

Les machines frigorifiques peuvent marcher vingt et une heures consécutives par jour et doivent être très élastiques relativement à la puissance frigorifique.

Tous les appareils doivent être particulièrement étudiés en vue de cette marche ininterrompue de vingt et une heures par jour, être très robustes, d'une grande endurance, et présenter une grande facilité de conduite ainsi qu'une sécurité absolue.

NÉCESSITÉ D'ISOLER LES SOUTES À POUDRES. — Il est nécessaire, pour résoudre le problème aussi complètement que possible, de réduire les apports de chaleur dans les soutes. Il est donc indis-

pensable de les isoler, c'est-à-dire de revêtir leurs parois intérieures de matériaux appropriés mauvais conducteurs de la chaleur.

On réalise ainsi les avantages suivants :

1° Réduction de l'apport de chaleur par les parois extérieures, ce qui permet de diminuer la puissance frigorifique des machines, et, par conséquent, leur poids, leur encombrement, ainsi que la force qu'elles absorbent.

Le coefficient de transmission de la chaleur par les surfaces métalliques existant en grand nombre à bord peut s'exprimer par l'équation simplifiée :

$$K = r + f,$$

qui se chiffre, dans le cas de locaux ventilés, par l'égalité :

$$K = \frac{1}{4} + 16 = 20.$$

On se rend compte de ce que serait l'importance des apports de chaleur par les parois métalliques non isolées dans le cas où la différence de température entre les locaux de dynamos, souvent surchauffés, et les soutes, atteindrait 50° C.

Les soutes étant isolées convenablement, le rendement de l'installation se trouve augmenté, et celle-ci devient rationnelle et économique;

2° L'isolation a pour principal avantage de réduire les variations de température qui pourraient se produire en raison des sources de chaleur extérieures très intenses et variables. Mieux

les soutes seront isolées, moins elles seront sensibles aux variations de température extérieures.

Il faut aussi tenir compte de ce que les machines, marchant vingt et une heures par jour, il y a trois heures d'arrêt, et que, pendant cet arrêt, les conditions thermiques et hygrométriques doivent être maintenues sensiblement constantes.

On obtiendra, avec une bonne isolation, l'indépendance relative désirée et indispensable du régime thermique dans les soutes par rapport aux variations de la température extérieure de l'air et de l'eau;

3° Il y a intérêt, toutefois, à ne pas diminuer au delà d'une certaine limite le coefficient de transmission de la chaleur à travers les parois des soutes à poudres. L'avantage obtenu ne serait pas proportionnel à l'augmentation d'épaisseur des matériaux isolants, au prix plus élevé, au poids, et à l'encombrement supérieur.

En général, il ne semble pas utile de réduire ce coefficient de transmission au delà de 0,4 calorie par mètre carré et par heure, et par degré d'écart. On va même jusqu'à 0,5 pour certaines parois soumises à des réchauffements très intenses. Ces coefficients conduisent à l'emploi d'épaisseurs de liège aggloméré et imprégné variant de 8 cm à 18 cm.

(A suivre.)

Léon LEFEBVRE,

*Ingénieur des Arts et Manufactures,
Chef des Services techniques
de la Société du Froid Industriel.*

TRAVAUX PUBLICS

LA CONSTRUCTION DU TUNNEL DU SOMPORT ET LA TRAVERSÉE DE LA CHAÎNE DES PYRÉNÉES

[PLANCHE IV]

Les relations entre la France et l'Espagne ont de tous temps été entravées par la pénurie des moyens de communication. Pourtant les deux pays ont une frontière commune de près de 500 km, mais la chaîne des Pyrénées n'y laisse de passages qu'à ses deux extrémités côtières. En dehors des voies ferrées de Biarritz à San-Sébastien, longeant le golfe de Gascogne, et de Perpignan à Barcelone, sur la côte méditerranéenne, il n'existe de communications avec l'Espagne qu'au moyen de routes franchissant les cols de Roncevaux (1 057 m), du Somport (1 640 m) ou de Puymorens (1 918 m).

Ces passages de routes ne présentent d'ailleurs aucune valeur au point de vue économique, à cause, d'abord de leur altitude élevée entraînant de fortes rampes et des lacets interminables, ensuite de leur encombrement par les neiges pendant au moins les deux tiers de l'année.

Afin de remédier à cette situation, et de favoriser quelque peu le développement des relations commerciales entre les provinces des deux versants des Pyrénées, les gouvernements français et espagnol ont décidé la construction de deux nouvelles lignes ferrées devant franchir le massif par deux grands tunnels; afin de profiter des dépressions naturelles, les tracés de ces lignes passent dans les environs des cols du Somport et de Puymorens, mettant en communication la Gascogne et l'Aragon, la Navarre et la Catalogne (fig. 1). La ligne de Puymorens constituera une voie directe de la France centrale vers Barcelone; celle du

Somport raccourcira d'une longueur très appréciable le trajet du sud-express vers Madrid et Lisbonne.

Les travaux de ces deux grands souterrains sont actuellement en pleine exécution et nous allons examiner spécialement, dans



FIG. 1. — Tracé des deux nouvelles lignes transpyrénéennes du Somport et de Puymorens.

cette étude, les travaux et procédés d'exécution du tunnel du Somport, et principalement de la tête française.

Le tunnel du Somport, sur la ligne internationale d'Oloron à Zuera et Saragosse, franchit le faite de la chaîne des Pyrénées à une altitude moyenne de 1 200 m (pl. IV, fig. 1). Ce souterrain

a une longueur de 7822 m, et passe à une profondeur de 770 m sous le pic de Tobaso (1980 m d'altitude). Il coupe la frontière espagnole à 3100 m de la tête française; toutefois, comme il comporte, du côté français, une rampe de 0^m,034 sur 4256 m, séparée par un palier de 100 m de la pente espagnole (de 0^m,00429 par mètre sur 3760 m), le milieu du palier du sommet a été choisi comme point de séparation des deux entreprises de travaux. Il résulte de cette disposition du profil, que la partie à exécuter par la France atteint une longueur de 4012 m tandis que l'Espagne ne doit percer que 3810 m, le tout en alignement droit (planche IV, fig. 2).

Cette division en deux lots inégaux, ne correspondant même pas aux limites des territoires, était imposée par la nécessité où l'on se trouve, dans l'exécution des grands souterrains, d'assurer l'écoulement des eaux par une pente continue; une contre-pente constituerait en effet une cuvette d'où il serait difficile et coûteux d'évacuer les eaux d'infiltrations.

Du côté français ou tête Nord, la ligne arrive par la vallée du Gave d'Aspe, et rentre en souterrain, à la cote 1080, après passage d'une courbe de 300 m de rayon, et au moyen d'une tranchée d'accès de 120 m de longueur.

Le tunnel est à une voie, avec voûte en plein cintre de 2^m,50 de rayon; ses dimensions intérieures sont : 5 m de largeur aux naissances, 4 m au niveau des rails, et 5^m,50 de hauteur à la clef de voûte. Celle-ci est maçonnée en moellons artificiels sur une épaisseur de 0^m,50; la maçonnerie des piédroits a 0^m,875 d'épaisseur, et celle du radier 0^m,40. L'excavation totale a débayer atteint donc 6 m de largeur sur 6^m,65 de hauteur.

Pour l'évacuation des eaux d'infiltration, on a exécuté, pour le cas où ce serait nécessaire, une chemise en pierres sèches de 0^m,10 d'épaisseur, au-dessus de la voûte et derrière les piédroits. Cette couche repose, à sa base, sur une cuvette en ciment de 0^m,08; l'écoulement des eaux ainsi drainées s'opère par des barbacanes traversant les piédroits et débouchant au niveau de la plate-forme. On évite ainsi la mise en charge du souterrain sous une pression d'eau qui pourrait être considérable, des torrents passant à 400 m au-dessus. Un aqueduc en béton de 0^m,50 de profondeur sur 0^m,60 de largeur est établi sur l'axe de l'ouvrage pour l'écoulement des eaux drainées. Jusqu'ici, il n'a d'ailleurs pas été constaté de venues d'eau importantes.

Des niches de refuge sont ménagées en quinconce de 50 m en 50 m; elles ont 2^m,07 de hauteur pour 2 m de largeur, avec une voûte de 0^m,27 et des piédroits de 1^m,80 d'épaisseur de maçonneries. Tous les 2 km, cette niche est agrandie à 5 m de largeur, afin de pouvoir servir pour des dépôts d'outils et de petit matériel.

Pour toutes les maçonneries, on a employé du ciment de laitier et du béton; le sable utilisé est fabriqué par le broyage de calcaire. Les rejointoiements sont effectués en ciment de Portland.

L'exécution du lot français, d'une longueur de 4012 m, a été confiée à MM. Desplats et Lillaz, entrepreneurs, qui viennent de terminer la traversée de la Seine du chemin de fer Nord-Sud de Paris. Nous allons décrire sommairement les procédés d'exécution employés dans ce travail considérable.

INSTALLATIONS DE LA TÊTE NORD. — L'attaque française du souterrain se trouve dans une petite vallée formée par le confluent de deux torrents, les Gaves d'Aspe et d'Espelunguere (fig. 2). Un petit hameau appelé « Les Forges d'Abel » et comprenant quelques constructions à demi-ruinées se trouvait à cet endroit; mais comme il n'offrait aucune ressource pour une si vaste entreprise, il fut nécessaire d'établir, en outre des habitations pour les ouvriers et le personnel des travaux et des bâtiments de l'entreprise, les établissements les plus divers : boulangerie, abattoir, épicerie, école, gendarmerie, etc.

Les installations de l'entreprise comprennent (planche IV,

fig. 3) : 1° Une usine génératrice hydro-électrique et une usine réceptrice, produisant et distribuant la force électrique employée pour l'éclairage et la traction dans le souterrain, ainsi que pour l'éclairage et la force motrice des installations fixes;

2° Des ateliers de réparation du matériel, munis de machines-outils à commande électrique : tours, perceuses, étaux-limeurs, cisailles-poinçonneuses, machine pour le forgeage des fleurets de perforatrices, ventilateurs pour forge, etc.;

3° Une scierie mécanique, comprenant scie à ruban, scie circulaire et à chantourner, raboteuse, toupie pour feuillures, etc.;

4° Une installation de broyage et de concassage pour la production de sable artificiel et une usine de fabrication des moellons artificiels en béton comprimé, employés pour les maçonneries par suite du manque de moellons naturels de bonne qualité;

5° Enfin une série de magasins, dépôts, écuries, remises à automobiles, a dû être largement installée, étant donnée la nécessité d'approvisionnements importants par suite de l'impossibilité des transports pendant la saison d'hiver.

La distance entre Oloron, gare la plus proche, et « Les Forges



FIG. 2. — Vue de la tête (versant français) du tunnel du Somport et du chantier des Forges d'Abel.

d'Abel » est de 50 km; les transports par voitures à chevaux ou à bœufs, sur ce parcours montagneux accidenté, demandent deux jours par temps normal; pour les transports urgents, on se sert de camions automobiles transportant 2 tonnes, et faisant le voyage en quatre ou cinq heures. Mais pendant l'hiver, les neiges rendent la partie supérieure de cette route impraticable; un magasin et une grande écurie sont établis au point intermédiaire, d'où les marchandises sont remontées par des traîneaux ou à dos de mulets. Ce transport hivernal est d'ailleurs effectué pour les seuls ravitaillements indispensables, les approvisionnements généraux se faisant pendant l'été.

INSTALLATIONS HYDRO-ÉLECTRIQUES. — La force motrice nécessaire aux travaux est fournie par une installation hydro-électrique composée de trois barrages et d'une usine génératrice. Les barrages de prises d'eau sont établis sur le gave d'Aspe et ses affluents, le gave d'Espelunguere et le ruisseau du Couecq.

Le barrage d'Aspe a 5 m de large à la base et 15 m au sommet, avec une hauteur de retenue d'eau de 12 m, emmagasinant une réserve d'eau d'environ 75 000 m³. Il est constitué par un mur courbe en plan et en profil, de 5 m d'épaisseur à la base et de 2 m au sommet. Les efforts sont reportés latéralement sur les parois, et l'encastrement est fait d'un côté dans le terrain, et de l'autre sur des sommiers en maçonnerie, eux-mêmes encastres dans le rocher de rive. À la base de ce barrage sont disposés deux

tuyaux de chasse de 0^m,600 de diamètre, destinés à l'évacuation des pierres et des sables amenés par le torrent; les orifices sont obturés par deux vannes manœuvrées de la partie supérieure.

Pour la construction du barrage, on a établi un batardeau et dévié les eaux du Gave par une galerie percée dans la paroi rocheuse de la rive et destinée ultérieurement au passage de la conduite forcée. Après un parcours de 50 m dans ce souterrain, les eaux retombaient dans le Gave par une ouverture latérale; ce procédé a permis de construire le barrage à sec, et sans frais spéciaux de déviation.

Les barrages du Gave d'Espelunguere et du ruisseau du Couecq sont constitués par des massifs de maçonnerie de 2^m,50 de hauteur, formant déversoir et munis d'une vanne de chasse. L'étroitesse des gorges de ces deux torrents n'a pas permis de compter sur une réserve d'eau appréciable, d'où inutilité de barrages de grande hauteur.

Les eaux de ces trois barrages sont amenées à l'usine génératrice des Forges d'Abel au moyen d'un ensemble de conduites forcées en tôles d'acier, se réunissant en un collecteur unique (fig. 3). La conduite du barrage d'Aspe, dont la prise d'eau se fait dans un massif de maçonnerie à la base du barrage, passe d'abord dans un souterrain de 2 m de largeur sur 2 m de hauteur, d'une longueur de 217 m; un tuyau vertical, branché à proximité de l'orifice de prise d'eau, sert de reniflard pour éviter les coups

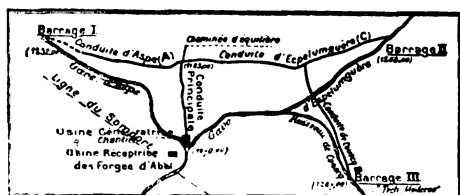


FIG. 3. — Schéma des installations hydro-électriques du Somport.

d'air dans la conduite, dont l'entrée est commandée par une vanne de 0^m,80; le tunnel est bouché hermétiquement par un massif de maçonnerie ayant pour but d'éviter les infiltrations.

Les conduites des

trois barrages ont les dimensions respectives suivantes :

Conduite d'Aspe (A) : 709 m de longueur; 0^m,50 de diamètre; tôle de 3 mm d'épaisseur.

Conduite de Couecq (B) : 329 m; 0^m,40 de diamètre; se branche sur la conduite d'Espelunguere (C) : 1 418 m; 0^m,40 de diamètre.

Une jonction étant déjà opérée entre les conduites B et C, les canalisations A et C arrivant de droite et gauche au-dessus de l'usine, sont branchées sur une conduite principale de 0^m,60 de diamètre, descendant sur un parcours de 470 m jusqu'au collecteur de distribution. Une cheminée d'équilibre est également branchée au point de jonction des conduites, afin d'annuler les effets des coups de bélier produits par les variations de pression dans des canalisations d'aussi grande longueur. Cette cheminée a une longueur de 72 m; elle est posée sur une pente très rapide. La conduite principale est en tôle; son épaisseur, à la base, augmente progressivement de 4 mm à 8 mm; sa longueur est de 470 m. Le collecteur de distribution, placé à l'entrée de l'usine, termine la conduite principale. Il porte 3 tubulures munies de vannes; les deux premières alimentant les turbines, sont d'un diamètre de 0^m,350; la troisième est destinée à l'alimentation éventuelle d'une turbine supplémentaire. Elle est utilisée actuellement comme prise d'eau sous pression pour les besoins du chantier. Le diamètre du collecteur est uniformément de 0^m,600.

Toutes les parties des conduites forcées sont en tôles d'acier extra-doux emboîtées et rivées. Les tronçons ont une longueur de 6 mètres et sont terminés à leurs extrémités par des brides en cornières d'acier soudées et dressées à chaud au marbre. Les jonctions se font au moyen de boulons serrant entre ces brides un joint en plomb muni de rainures concentriques, entre lesquelles on place un cordon de bitord imprégné de minium.

L'usine génératrice est située à proximité de la tête du

souterrain, au confluent des deux Gaves. Son plancher, placé à 3^m,40 au-dessus de l'étiage, est à la cote 1 072,50, ce qui donne des hauteurs de chute de 188 m pour le barrage d'Espelunguere et de 59 m pour le barrage d'Aspe; en tenant compte des pertes de pression occasionnées par le frottement dans les conduites, la hauteur nette de chute utilisée reste de 150 m.

Sous cette pression, l'eau est utilisée par deux turbines Escher-Wyss, genre Pelton, absorbant 400 litres par seconde et produisant 600 chevaux-vapeur avec une vitesse de 500 tours par minute. Elles sont munies de régulateurs de pression et de servo-moteurs hydrauliques servant de régulateurs de vitesse.

Les turbines sont accouplées directement chacune sur l'arbre d'un alternateur, au moyen d'un volant-manchon d'accouplement placé en porte-à-faux sur l'arbre de la turbine, et pesant 2 830 kg (fig. 4). Les alternateurs sont du type Thomson-Houston à 6 pôles, produisant du courant triphasé à 25 périodes sous 5 500 volts; l'excitation se fait par une génératrice de

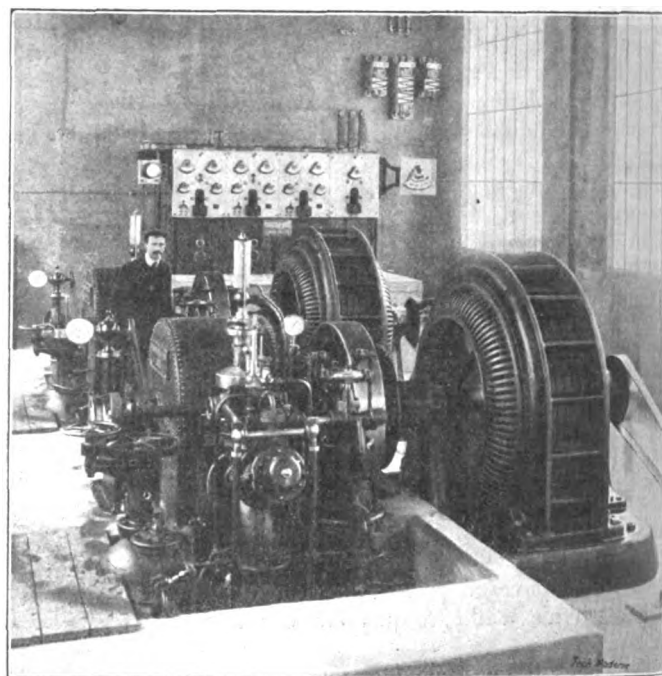


FIG. 4. — Vue des groupes hydro-électriques de l'usine génératrice.

12 chevaux, commandée par une poulie placée sur l'arbre de l'alternateur du côté opposé à la turbine.

Deux groupes donnant ensemble 1 200 chevaux ont été installés dès l'origine, mais le collecteur d'amenée d'eau et l'usine elle-même sont disposés de manière à permettre l'installation d'un troisième groupe, si le besoin s'en faisait sentir pendant le cours des travaux.

Pour la mise en parallèle des deux alternateurs, l'on se sert d'un tableau synchroniseur, composé d'un synchroniseur Lincoln, avec interrupteur, bobine de self, et lampes indiquant le synchronisme. Le tableau de cette usine génératrice (fig. 5) comprend pour chaque alternateur : les transformateurs des instruments de mesure, voltmètre, ampèremètre, compteur, interrupteur et disjoncteur automatique à action différée, ainsi qu'un voltmètre à cadran lumineux sur console. Sur le feeder de départ sont montés les parafoudres de protection de cette installation à haute tension.

Une usine réceptrice est installée à quelque distance de la précédente, sur le plateau des installations. Elle comprend deux groupes de compresseurs à commande électrique à haute tension, et un poste de transformation fournissant le courant à basse tension pour deux autres groupes compresseurs et divers

autres moteurs, ainsi que pour l'éclairage et la traction dans le souterrain.

Le courant à haute tension est amené de l'usine génératrice à l'usine réceptrice par deux feeders triphasés, l'un aérien et l'autre souterrain. Il est transformé à basse pression au moyen de différents groupes :

1° Par deux transformateurs statiques de 200 kilovolts-ampères, donnant 220 volts au secondaire; ce courant est utilisé par les moteurs des compresseurs auxiliaires, des ventilateurs, de la scierie, et surtout pour l'alimentation des transformateurs suivants;

2° Un transformateur rotatif, composé d'un moteur de 100 chevaux à 220 volts, triphasé, accouplé sur un socle commun à une dynamo, fournit du courant continu à 120 volts, employé pour l'éclairage du chantier et les moteurs des concasseurs;

3° Deux transformateurs rotatifs produisent le courant à 300 volts utilisé pour la traction et la lumière dans le souterrain. Chacun d'eux a une puissance effective de 100 chevaux et se compose d'un moteur à 220 volts, accouplé sur un socle commun à une dynamo donnant 300 volts en charge.

Tous les tableaux nécessaires au fonctionnement de ces machines ont été prévus. Ils se groupent en trois tableaux d'ensemble :

Tableau à haute tension, avec panneau de deux transformateurs et deux moteurs;

Tableau à basse tension, pour courant alternatif;

Tableau à basse tension, pour courant continu, avec départ des feeders traction.

L'air comprimé nécessaire au fonctionnement des perforatrices employées dans le souterrain, est produit par quatre compresseurs.

Deux de ces compresseurs sont commandés, chacun, par un moteur triphasé de 250 chevaux sous 5 500 volts, accouplé par courroie. Le compresseur est du type Ingersoll-Rand à deux étages. Dans un premier cylindre, un piston aspire 2 400 m³ d'air à l'heure, et les comprime à 2 kg environ pour les faire passer, à travers un réfrigérant à circulation d'eau, dans un second cylindre les refoulant sous une pression de 8 kg, qui est celle d'utilisation.

Le second groupe comprend également deux compresseurs à 8 kg, commandés par deux moteurs à 220 volts. Mais la puissance absorbée n'est que de 60 chevaux, et le volume d'air aspiré par heure, de 520 m³. Ces deux groupes de 60 chevaux ont constitué, à l'origine, une usine de compression provisoire pendant la période des installations. Ils sont actuellement remplacés par un troisième groupe de 250 HP identique aux précédents. L'air, comprimé par tous les groupes compresseurs, est refoulé dans deux réservoirs jumelés placés à l'extérieur de la salle des

machines, et desquels part la canalisation en tubes d'acier conduisant cet air à l'avancement du souterrain. Une série de vannes permet d'isoler les compresseurs, les réservoirs ou les canalisations en cas de besoin.

La ventilation est un problème important dans l'exécution des longs souterrains: en effet, l'air vicié n'a aucune tendance à s'évacuer naturellement, et l'on est obligé de produire une circulation d'air très intense pour chasser le plus rapidement possible les fumées produites par les coups de mine, dans lesquelles il est impossible aux ouvriers de travailler. En outre, quand l'avancement atteint une certaine profondeur, la température augmente très sensiblement, et la ventilation doit être assez énergique pour ramener l'atmosphère du souterrain à une chaleur normale permettant d'y travailler dans de bonnes conditions.

Pour satisfaire à ces nécessités, l'usine comprend deux groupes de ventilateurs, actionnés par des moteurs de 50 chevaux fonctionnant à 220 volts. Ces groupes de ventilateurs, commandés par courroies, sont

disposés par deux en série, donnant une pression d'eau de 1 100 mm à l'altitude de 1 100 m. Un dispositif spécial de vanne permet d'aspirer ou de refouler à volonté, dans la conduite, pour évacuer rapidement les gaz produits par les explosifs et envoyer aussitôt après de l'air frais. Les deux groupes ont chacun un débit de 150 m³ à la minute à la pression de 1 100 mm d'eau.

La puissance totale des installations (en marche ou disponibles)

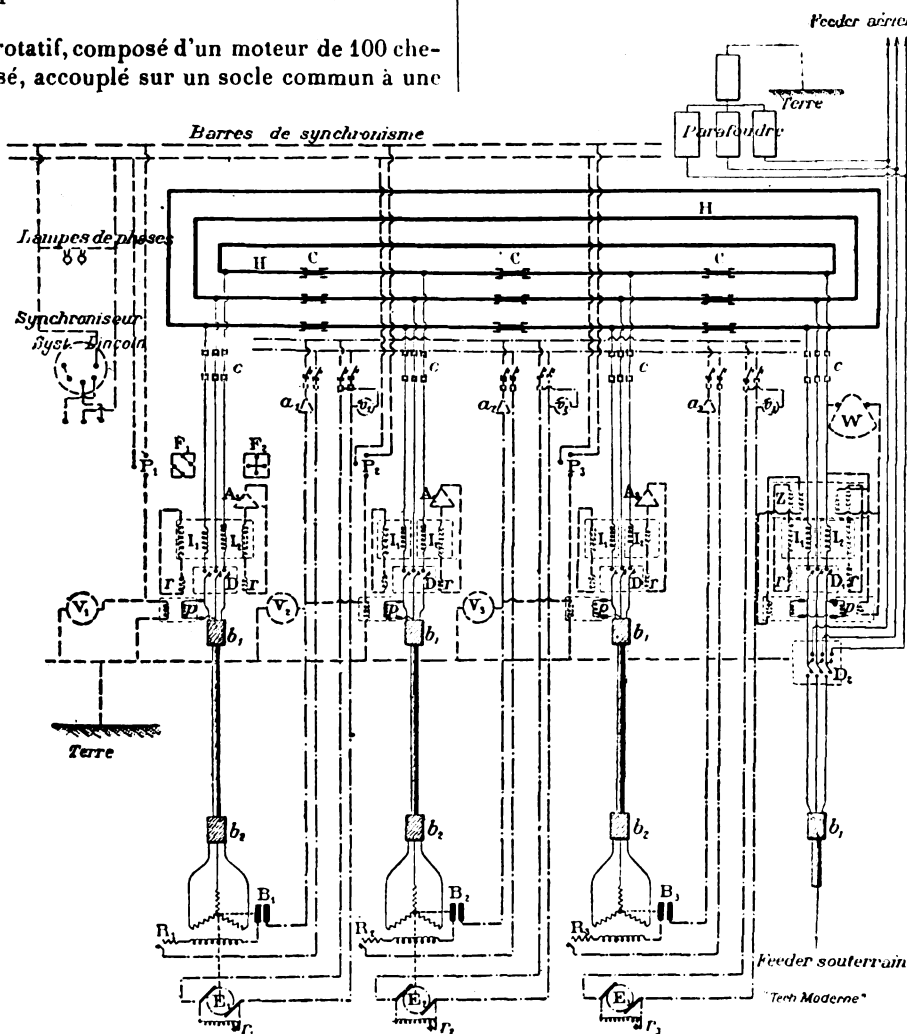


FIG. 5. — Schéma général des connexions de l'usine génératrice. — A₁, A₂, A₃, ampèremètres alternateurs n°s 1, 2, 3; a₁, a₂, a₃, ampèremètres excitation alternateurs n°s 1, 2, 3; B₁, B₂, B₃, bagues prises de courant excitation alternateurs n°s 1, 2, 3; b₁, b₂, b₃, boîtes de jonction arrivées des alternateurs; C, coupeurs de sectionnement des barres; c, coupeurs de sectionnement des circuits; D, D₁, interrupteurs automatiques à l'huile; D₂, interrupteur à deux directions à l'huile; E₁, E₂, E₃, excitateurs alternateurs n°s 1, 2, 3; H, Barres omnibus haute tension; F₁, fiche de la machine à synchroniser; F₂, fiche de la machine à synchroniser en marche; I₁, transformateur intensité phase 1; I₂, transformateur intensité phase 3; P₁, P₂, P₃, plots de synchronisme alternateurs n°s 1, 2, 3; P, transformateurs de potentiel; R₁, R₂, R₃, rhéostats d'excitation alternateurs n°s 1, 2, 3; r₁, r₂, r₃, rhéostats d'excitation excitateurs n°s 1, 2, 3; r, relais de commande des interrupteurs; V₁, V₂, V₃, voltmètre alternateurs n°s 1, 2, 3; v₁, v₂, v₃, voltmètres excitation alternateurs n°s 1, 2, 3; W, voltmètre lumineux; Z, compteur.

Nota. — Les connexions ——— indiquent la haute tension; les connexions - - - indiquent la basse tension; les connexions - - - - - indiquent le courant continu.

dépasse 1 000 chevaux, sur lesquels 600 environ peuvent être en fonctionnement simultané. C'est donc sur ce chiffre de 600 chevaux qu'a été calculée l'installation hydro-électrique. La détermination des débits d'eau nécessaires pour obtenir ce rendement était d'autant plus difficile qu'en outre des variations énormes des débits des torrents, il fallait obtenir à tout moment la même pression dans chacune des canalisations à leur point de jonction. Les chiffres des débits à réaliser ont été obtenus par la comparaison des diagrammes de pertes de charge des conduites.

La traction est entièrement faite au moyen de locomotives électriques. Le service est assuré par cinq tracteurs (fig. 6) de construction Thomson-Houston utilisant le courant continu entre 240 volts et 300 volts. Deux de ces tracteurs sont du poids de 10 tonnes et sont constitués par une ossature en fonte et en acier coulé à l'intérieur de laquelle sont disposés deux moteurs de 35 HP. Ils peuvent remorquer un poids de 40 tonnes environ à une vitesse de 10 km à l'heure sur une rampe de 0^m,035 par mètre. Les trois autres tracteurs sont formés d'un châssis en fonte massive d'un seul bloc de 4 500 kg supportant deux moteurs de 15 chevaux, absorbant normalement 45 ampères sous

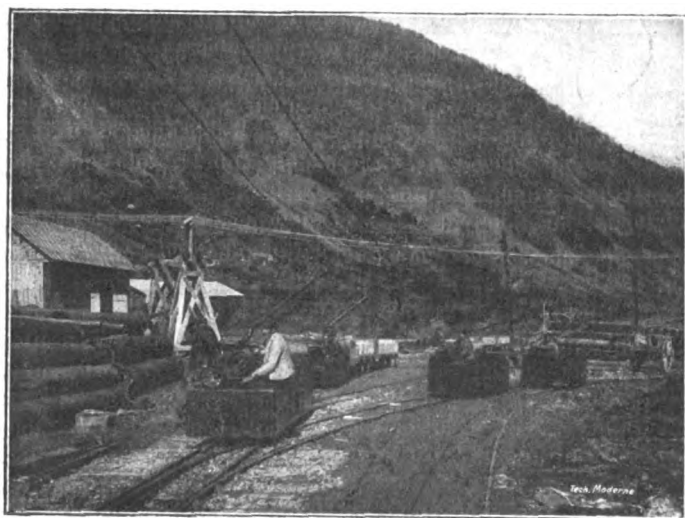


FIG. 6. — Vue des tracteurs électriques remorquant les trains de déblais et matériaux.

240 volts. Tous sont munis d'interrupteurs automatiques et à main, d'un contrôleur, du freinage électrique et d'un frein à main à volant. Ils peuvent remorquer chacun un poids de 15 tonnes sur une rampe de 0^m,035 à une vitesse de 7 km à l'heure.

Quant à la prise du courant, elle se fait par un trolley dont le fil est placé à une hauteur de 2^m,20, de manière à se trouver hors de la portée des ouvriers. L'enlèvement des déblais se fait avec des wagons d'une contenance de 2 m³ environ.

FABRICATION DES MOELLONS ARTIFICIELS. — Pour le revêtement en maçonnerie de la voûte du souterrain, on emploie des moellons artificiels en béton comprimé, composé d'un mortier fait de 300 kg de ciment de laitier du Boucau pour 400 litres de sable, mélangés avec 800 litres de cailloux passant à l'anneau de 0,03.

Afin d'assurer une cohésion parfaite de la maçonnerie, et par conséquent une plus grande solidité de la voûte, on a adopté pour ces moellons la forme en « voussoirs », c'est-à-dire en éléments décomposant exactement la voûte par des joints normaux à l'intrados. Ces moellons ont 0^m,17 de largeur à la base, et 0^m,25 à la partie supérieure, pour une hauteur de 0^m,40 et une longueur de 0^m,40.

Étant donnée la grande quantité de moellons à fabriquer (près de 1 million de pièces), les entrepreneurs ont dû établir et

étudier un système de moulage et de compression capable de donner une fabrication continue et à grand rendement. A la suite de différents essais, on a adopté le moule dont la figure 7 donne les caractéristiques. Il se compose essentiellement d'une

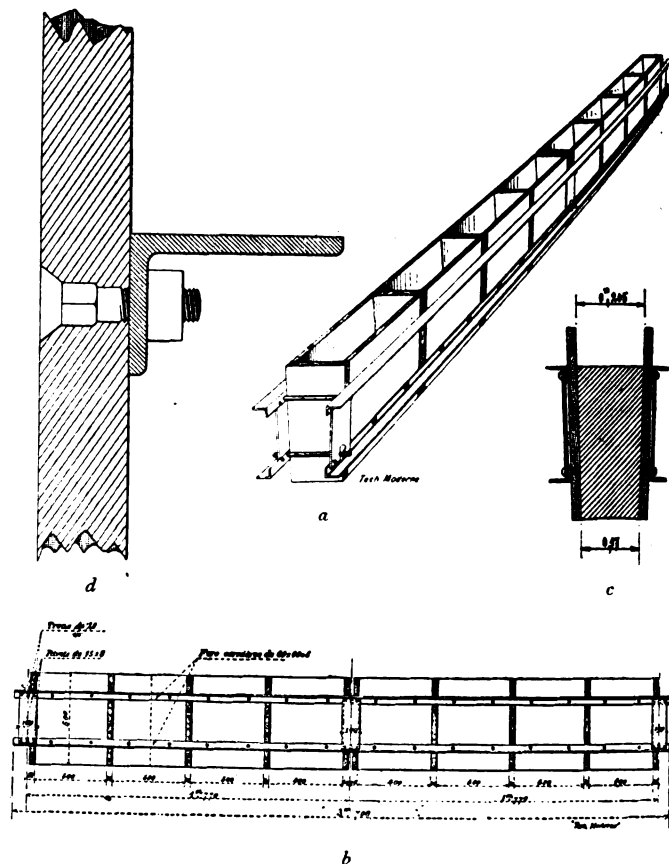


FIG. 7. — Dispositif du moule pour moellons artificiels. — a, vue perspective; b, élévation; c, coupe; d, détail d'un boulon à tête fraisée.

armature formée de deux flasques (constituées chacune par deux cornières en fer de 60 × 40 × 5 mm), de 3^m,70 de longueur et reliés par trois plaques d'assemblage. Les deux flasques, posées sur une aire plane, sont reliées par six barres clavetées; puis on dispose à l'intérieur une série de planchettes qui forment, ainsi que le montre la figure 7, huit compartiments constituant autant de moules; ces planchettes sont simplement posées à frottement sans aucun assemblage. Les éléments transversaux sont coupés de façon à donner au moule la section trapézoïdale des voussoirs à obtenir, les barres d'écartement, plus courtes en bas qu'en haut, concourant également à ce résultat.

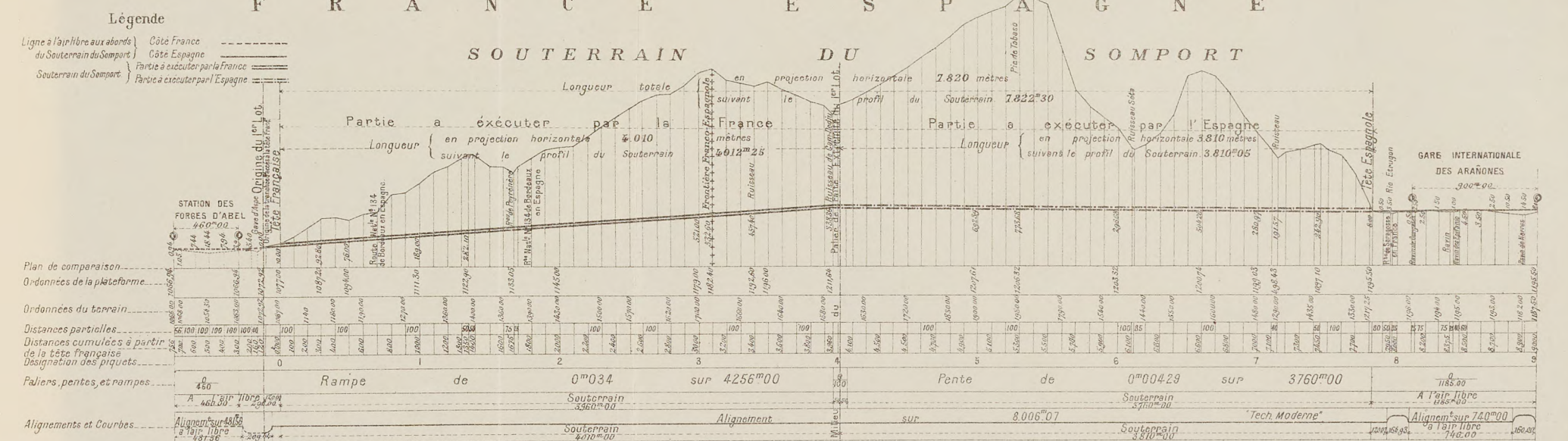
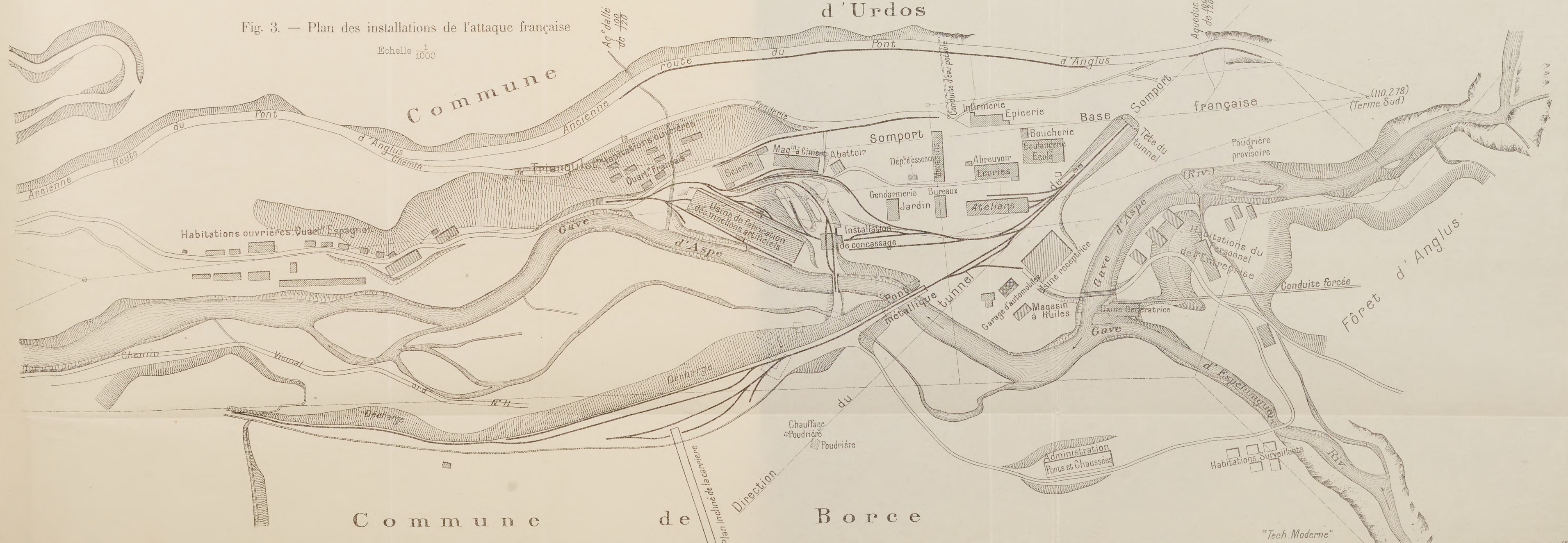
Ainsi monté, le moule est prêt à recevoir le béton qui y est pilonné dans les cases au moyen d'un marteau-pilon pneumatique (fig. 8). La compression obtenue par ce pilonnage est au moins égale à celle qui pourrait être obtenue par la compression ordinaire du moule par serrage mécanique.

Lorsque la prise est commencée, au bout de quatre ou cinq heures, on retire les flasques métalliques en faisant sauter les clavettes. Les moellons obtenus sont laissés en dépôt avec leurs planchettes de séparation pendant plusieurs jours pour terminer la prise, mais le moule peut être remonté et resservir immédiatement. Comme on le voit, ce dispositif de mou-



FIG. 8. Ensemble du marteau-pilon pneumatique Ingersoll pour la compression du béton.

Fig. 2. — Profil en long Echelle $\frac{1}{40.000}$

Echelle $\frac{1}{1000}$ 

a la p...
de 0^m,4
État
de 1

ur une hauteur de 0,40 et une longueur
e quantité de moellons à fabriquer (près
les entrepreneurs ont dû établir et

ions obtenus sont laissés en dépôt avec leurs du béton.
planchettes de séparation pendant plusieurs jours
pour terminer la prise, mais le moule peut être remonté et res-
servir immédiatement. Comme on le voit, ce dispositif de mou-

lage est extrêmement simple, et son emploi ne nécessite même pas une main-d'œuvre spéciale, n'importe quel manœuvre pouvant en effectuer le montage.

CONSTRUCTION DU SOUTERRAIN. — L'attaque du tunnel a été faite au moyen d'une galerie de base à l'axe du souterrain ayant 2^m,20 de hauteur sur 2^m,30 de largeur (fig. 9). Aussitôt en arrière, cette largeur est portée à 2^m,75, de façon à permettre l'établissement : de la voie de 0^m,60, des canalisations d'air de 0^m,300 et de 0^m,075 de diamètre pour l'aération et la perforation, et du plan provisoire placé sur l'axe même de l'aqueduc définitif.

Par suite de la nécessité d'obtenir l'avancement journalier moyen de 6 m à 7 m, nécessaire pour l'exécution du tunnel dans le délai prévu de quatre années, on a adopté la méthode de percement par deux galeries d'avancement : la galerie de base dont nous venons de parler, et une galerie de 2 m sur 2 m environ, percée au-dessus de la précédente avec laquelle elle communique par des puits destinés à l'évacuation des déblais.

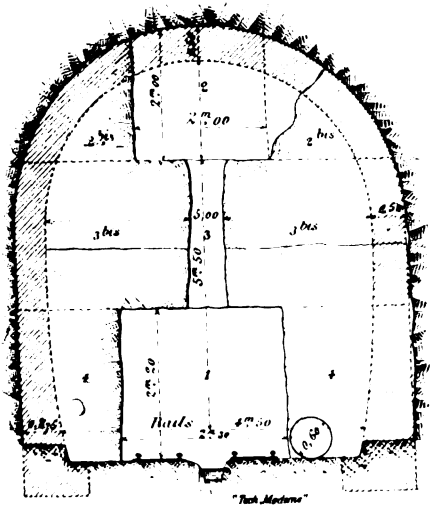


Fig. 9. — Coupe montrant les phases du percement du tunnel du Somport. — 1, galerie de base; 2, galerie de fuite; 3, cheminée de communication; 2 bis et 3 bis, abatages; 4, enlèvement du stross.

Cette galerie de faite est élargie sur toute la section de la voûte au moyen d'abatages successifs. Un deuxième chantier opère le déblaiement jusqu'au niveau des naissances de la voûte, les déblais tombant ainsi directement dans les wagons de la galerie. On procède alors à la construction de la voûte en maçonnerie au moyen de cintres métalliques, montés sur coins en bois et entretoisés entre eux au moyen de tubes de longueur fixe, à l'intérieur desquels passent les tirants d'assemblage.

On abat ensuite le terrain séparant les deux galeries, et on procède à l'enlèvement du stross.

Les piédroits sont repris en sous-œuvre, en soutenant la voûte au moyen de chandelles de longueurs appropriées.

La voie de service, à l'écartement de 0^m,60, est établie en rails Vignole du poids de 15 kg au mètre courant, posés sur des traverses en bois; les jonctions électriques sont faites au moyen d'éclisses en cuivre composées d'une partie centrale en cuivre et de deux bouchons tronconiques qui sont écrasés, au moyen d'une presse à vis, dans les trous percés à dessein aux extrémités des rails. L'éclissage mécanique ordinaire est ensuite exécuté par-dessus ces jonctions électriques.

Le calcaire dans lequel est percé le souterrain est démolé par

des volées de coups de mine chargés de dynamite-gomme à 82 %. Les trous de ces mines sont percés au moyen de perforatrices Ingersoll-Rand (fig. 10), à air comprimé, fonctionnant sous 5 kg de pression et absorbant de 15 chevaux à 20 chevaux chacune. Ces machines forent des trous de 45 mm à 80 mm de diamètre jusqu'à 610 mm de profondeur avec le premier fleuret; des jeux de fleurets, facilement remplaçables, permettent d'obtenir des trous jusqu'à 2^m,50 de profondeur. Le piston de la perforatrice frappe 350 coups à la minute, avec une force d'environ 300 kg.

Les perforatrices, pour la galerie d'avancement, sont employées sur affût chariot ou sur colonne calée contre les parois; suivant les cas, on emploie trois ou quatre perforatrices travaillant simultanément au front d'attaque. Un ensemble de tuyauteries amène l'air comprimé, ainsi que l'eau sous pression prévue pour faire tomber les poussières par vaporisation et fournir l'eau nécessaire au percement des trous de mine descendants.

De nombreux marteaux Flottmann à air comprimé sont employés pour l'abatage des déblais d'élargissement ou de stross et pour la régularisation des parois afin d'obtenir le profil définitif.

Pour l'alimentation en air comprimé des perforatrices, on a installé une conduite de 0^m,160 de diamètre intérieur, qui suit l'avancement de la galerie. La pression utilisée est d'environ 6 kg par centimètre carré, les compresseurs pouvant fournir jusqu'à 8 kg; cette conduite est montée avec joint à emboîtement et anneaux en caoutchouc donnant une étanchéité complète. Les divers chantiers sont alimentés par des dérivations de 75 mm de diamètre.

La ventilation des chantiers d'avancement est suffisamment assurée par l'échappement des perforatrices; immédiatement en arrière, l'air est constamment renouvelé par le débit de la conduite de 0^m,60 alimentée par les ventilateurs de l'usine extérieure; les raccords de cette conduite sont faits au moyen de brides cornières cintrées, soudées et rivées sur le tuyau, l'étanchéité étant assurée par le serrage d'un joint en carton.

Les installations ont été terminées en janvier 1910; depuis cette époque, les travaux de percement du souterrain se poursuivent normalement, l'avancement étant maintenant à plus de 2.000 m de la tête.

Les installations espagnoles présentent de grandes analogies avec celles que nous venons de décrire, et l'avancement de ce côté progresse sensiblement avec la même vitesse; sauf difficultés imprévues, le tunnel transpyrénéen pourra donc être achevé dans un délai maximum de trois années.

L. D. F.

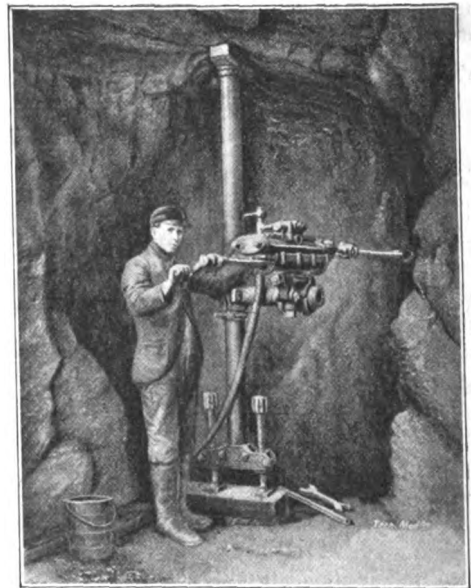


Fig. 10. — Vue de la perforatrice sur colonne en fonctionnement à l'avancement.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE

CONSIDÉRATIONS SUR LES MOTEURS D'AVIATION

AVANT-PROPOS. — L'aviation progresse avec une extrême rapidité. Chaque jour apporte une nouvelle prouesse d'aviateur.

Ces résultats tiennent-ils à des perfectionnements notables dans la structure et la construction des aéroplanes ou sont-ils simplement dus à l'habileté croissante des pilotes ?

En ce qui concerne les aéroplanes, il ne semble pas que ces appareils aient subi, dans leur forme, des modifications de principe depuis les premiers vols. Il s'en crée tous les jours de nouveaux, sous des noms divers, mais ce ne sont souvent que des copies plus ou moins bien réussies d'appareils existants. La pratique, par contre, permet des perfectionnements continus de détail qui réduisent les résistances à l'avancement et augmentent les qualités de sustentation des appareils.

Pour les longs parcours, l'habileté des pilotes est certes un facteur des plus importants, mais on voit pourtant des débutants qui, après quelques jours d'essais, font de véritables voyages aériens.

En mettant à part les raids à longue distance, pour l'accomplissement desquels il faudra toujours des aviateurs remarquablement doués, pleins de sang-froid et particulièrement bien exercés, il est certain qu'actuellement on apprend déjà très vite à se servir d'un aéroplane.

Quant aux aéroplanes eux-mêmes, lorsqu'on renoncera à certaines dispositions non justifiées qui nuisent à leur stabilité et surtout lorsqu'on arrivera à faire des appareils d'assez grandes dimensions pour rester insensibles aux remous de l'air, l'aviation deviendra un moyen de transport remarquablement sûr, sans qu'il soit nécessaire d'envisager l'emploi de parachute. L'aéroplane, pourvu qu'il reste stable, est en effet, par lui-même, le meilleur parachute qu'on puisse imaginer.

La réalisation de ce programme, plus proche de nous qu'on oserait peut-être l'espérer, ne pourra pourtant être menée à bien que si l'on dispose de moteurs légers de grandes puissances, capables de fonctionner sans consommations exagérées en essence et en huile et surtout sans défaillance. Il est certain que, des résultats obtenus avec les moteurs actuels, malgré tout l'intérêt qu'ils présentent, on ne peut déduire encore ce que sera le moteur qui fera passer l'aéroplane du domaine des sports dans celui des transports normaux.

Par une anomalie assez curieuse du reste, on ne semble pas en général apprécier à sa juste valeur toute l'importance du moteur en aviation.

C'est ainsi que les journaux, même spéciaux, lorsqu'ils parlent d'une prouesse d'aviateur, citent quelquefois le type d'aéroplane utilisé, mais presque jamais le type du moteur employé. Pourtant, dans l'espace, qu'aurait valu l'habileté du pilote et la perfection de l'appareil sans un bon fonctionnement du moteur ? Rien.

Que le grand public qui ne voit, dans une envolée, qu'un homme risquant sa vie pour un principe, soit tenté d'attribuer au pilote tous les mérites de la performance, passe encore ; mais que des spécialistes ne voient d'important dans l'aéroplane que l'aéroplane lui-même, c'est assez étonnant.

En général, on ne parle de moteur que pour en médire. Quand il marche bien on n'en dit rien, quand il a des faiblesses on l'accuse de tous les échecs. On s'entête à le considérer comme un accessoire, alors qu'en fait il est le principal organe de l'appareil.

Il est fort probable que si l'on munissait l'*Avion d'Ader* d'un

moteur moderne, cet ancêtre ne se comporterait pas plus mal dans l'air que certains de ses descendants.

L'aviation, on ne saurait trop le répéter, est avant tout une conquête nouvelle du moteur à explosion ou plus généralement du moteur à combustion interne, et les progrès rapides de ces temps derniers sont surtout dus à des perfectionnements de moteurs. Le moteur d'aviation vaut donc la peine d'une étude attentive.

ORIGINES DU MOTEUR D'AVIATION : QUALITÉS QU'IL DOIT POSSEDER. — Le moteur d'aviation dérive directement du moteur d'automobile qui, lui-même, a eu pour origine le moteur à gaz.

Le succès général de ce genre de moteur tient aux deux propriétés principales suivantes :

1° Il est le plus économique des moteurs thermiques :

2° Grâce aux grandes vitesses dont il est capable, il est devenu la plus légère des machines motrices.

C'est pour la première de ces qualités, que nous venons de faire ressortir, que le moteur à explosion commence à être préféré souvent, dans l'industrie, aux machines à vapeur ; c'est à cause de la réduction de poids dont il est susceptible, pour une puissance donnée, que son application aux transports terrestres ou aériens a permis l'éclosion d'industries nouvelles.

C'est le moteur à explosion qui a fait l'automobile, et c'est encore lui qui a rendu possible l'aviation.

Il ne faudrait pourtant pas penser qu'il suffit, pour faire un moteur d'aviation, d'enlever de la matière un peu partout à un moteur d'automobile.

Il faut remarquer, en effet, que les moteurs d'automobile ont rarement à fournir leur maximum de puissance. Ce qu'on recherche le plus pour ces derniers, ce sont des qualités de souplesse et de reprise facile après décharge complète, qui font que les automobilistes se trouvent constamment poussés à prendre, pour leurs voitures, des moteurs trop forts, quitte à ne leur demander qu'une fraction assez faible de leur puissance.

La question de consommation étant mise à part, on est plus sûr du fonctionnement régulier d'une voiture dans ces conditions qu'avec des moteurs de puissance juste suffisante⁽¹⁾. On s'aperçoit de ce fait quand une voiture monte une côte un peu raide. Si le moteur de la voiture ne possède pas un excédent de puissance et si l'ascension est longue, les cylindres s'échauffent, le graissage devient difficile et on risque des grippages. Autrement dit, si un moteur d'automobile, dont les organes ont été le plus souvent déterminés empiriquement, devait tourner à son maximum de puissance, à raison de 10 heures par jour pendant quelque temps, il serait rapidement hors de service.

Quand on veut faire ressortir la robustesse d'un moteur d'automobile, on cite toujours le grand nombre de kilomètres parcourus sans réparations. Mais, dans ce cas, lorsqu'on fait le calcul des heures de marche pour estimer ce que le trajet représente de journées de travail du moteur comparé à la marche d'un moteur fixe, on est étonné de constater qu'il ne

(1) Cette remarque s'applique aussi aux moteurs à gaz, qu'on choisit, en général, trop près de leur limite de puissance. Pour les grands moteurs, il est bon de ne les faire travailler qu'à 75% de leur pleine charge. Avec des moteurs bien étudiés, les consommations sont encore excellentes dans ce cas.

sagit toujours que de quelques semaines. Et encore faut-il remarquer que le moteur considéré n'a tourné, en moyenne, qu'à faible charge et avec des périodes de repos très longues.

Or, un tel fonctionnement ne peut être envisagé à aucun point de vue pour un moteur d'aviation. L'aéroplane ne tenant l'air que par la puissance de son moteur, celui-ci doit pouvoir donner son maximum sans interruption. D'où deux difficultés à résoudre pour ce genre de machine : le moteur d'aviation doit être plus robuste que le moteur d'automobile, puisque son fonctionnement doit se rapprocher de celui d'un moteur fixe très chargé ; d'autre part, il doit être plus léger que le moteur d'automobile.

La question de la réduction des consommations, dont les constructeurs se sont encore peu préoccupés, est d'importance capitale en aviation. L'enlèvement d'une charge utile plus grande ou un plus grand rayon d'action sont, en effet, la conséquence immédiate du poids moindre de combustible consommé par cheval-heure.

En somme, le moteur d'aviation doit satisfaire aux conditions principales suivantes :

- 1° Être capable de donner son maximum de puissance pendant un temps quelconque ;
- 2° Avoir un poids par cheval-heure le plus réduit possible sans être sujet à des usures rapides ;
- 3° N'avoir que de faibles consommations de combustible ;
- 4° Pouvoir être mis en marche à tout instant sans vérifications et réglages laborieux préalables.

Ces conditions sont, il faut bien le reconnaître, un peu contradictoires entre elles. Il y en a une qui prime toutes les autres : c'est la marche continue.

En supposant tout d'abord un moteur de construction parfaite, il est indispensable, pour qu'il puisse fonctionner longtemps dans de bonnes conditions, que son cylindre soit parfaitement refroidi. Cette question du refroidissement a fait commettre bien des erreurs, car on croit généralement que la chaleur qui traverse la paroi est une perte sèche pour le cycle du moteur, et que si l'on trouvait un lubrifiant capable de résister aux très hautes températures, on obtiendrait un rendement thermique bien meilleur en ne refroidissant que peu ou pas les cylindres.

Or, nous avons démontré qu'à la vitesse à laquelle marchent les moteurs à explosion (vitesse qui a été préconisée par M. A. Witz, dès le début de ses travaux sur les moteurs à gaz, pour combattre l'action nuisible des parois) de la transmission à travers la paroi des cylindres se fait avec un décalage qui ne déforme qu'insensiblement les cycles des machines. Nous avons observé que c'est surtout pendant l'échappement que la véritable perte à la paroi s'effectue, c'est-à-dire à un moment où la chaleur n'est plus utilisable. Il en est ainsi du moins dans le cas d'un moteur bien réglé, comme alimentation et comme allumage, de façon à avoir constamment des diagrammes corrects, ce qui a lieu pour des explosions à volume sensiblement constant. Lorsque les diagrammes sont déformés par de longues combustions lentes, il n'en est pas ainsi et la perte de chaleur utile par la paroi peut atteindre alors une valeur importante. Beaucoup de moteurs rapides se trouvent dans ce cas.

Étant donné, la faible épaisseur des cylindres des moteurs d'aviation, il ne faudrait pas exagérer le refroidissement au point de faire tomber la température de la paroi intérieure au-dessous de la température des gaz d'échappement détendus, mais il faut, dans tous les cas, refroidir assez pour que le graissage du piston soit facilement assuré.

Il résulte de ces considérations que si les cylindres à ailettes, sans refroidissement d'eau, ont permis des dispositions spéciales intéressantes et des réductions de poids, c'est à tort qu'on les a considérés comme susceptibles d'améliorer de façon sensible le rendement thermique des moteurs d'aviation.

Du reste, les moteurs à ailettes ne peuvent fonctionner pendant une longue durée qu'avec des procédés de graissage qui ne pour-

raient même pas être envisagés pour des moteurs fixes par exemple. Dans tous les cas, l'expérience montre que de tels moteurs ne consomment pas moins, à puissance égale, que des moteurs à refroidissement par eau à égalité de compression et de perfection de réglage.

Mais la question du refroidissement, malgré tout son intérêt, n'est pas la seule à considérer, tant s'en faut. Pour la réalisation d'un moteur d'aviation, les modes de carburation et de distribution ont une importance prépondérante sur le bon fonctionnement.

En ce qui concerne la réduction des consommations, il faut encore envisager les valeurs des compressions réalisables et le moyen de marcher toujours avec des diagrammes corrects.

Il y a enfin à déterminer le maximum de puissance qu'on peut obtenir d'un cylindre de dimensions données.

Nous allons examiner en détail ces divers points, en commençant par la carburation.

CARBURATION. — Pour la carburation des moteurs d'aviation, on débuta par se servir des carburateurs d'automobile, appa-

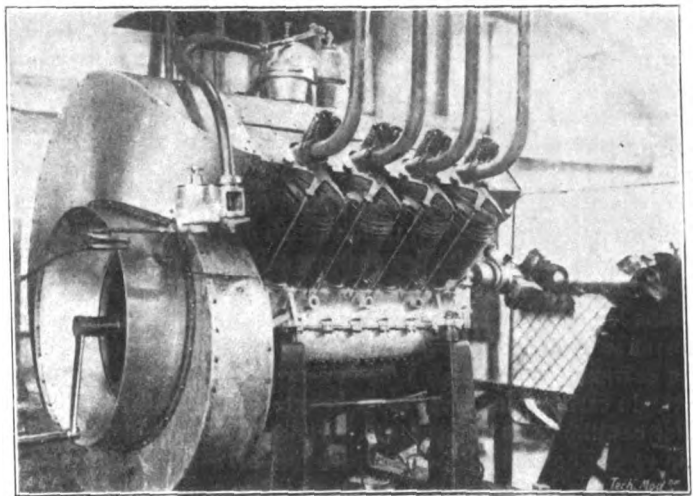


FIG. 1. — Vue du moteur Renault sur le banc d'essais.

reils qui, pour cette dernière application, se sont montrés, sinon parfaits, du moins suffisants.

Mais on s'est vite aperçu que le réglage des carburateurs présentait sur les aéroplanes des difficultés considérables. Tel appareil qui fonctionne très bien sur un moteur essayé au banc en usage, se comporte très mal en plein vol. Ces différences sont dues, principalement, d'une part, aux oscillations des aéroplanes, qui dérèglent les « niveaux constants » et, d'autre part, aux différences d'altitude qui troublent le jaillissement de l'essence dans les carburateurs. Les irrégularités qui en résultent dans l'alimentation des cylindres des moteurs sont d'autant plus sensibles que jamais, à la sortie des carburateurs, on n'obtient un mélange d'air et de vapeur d'essence bien homogène.

En fait, l'essence est lancée dans la canalisation d'admission d'air sous la forme d'un jet liquide plus ou moins bien pulvérisé. On a alors affaire à deux corps dont les densités sont très différentes, et leur mélange est d'autant plus exposé à varier de composition d'un point à un autre que les changements de direction pour atteindre les divers cylindres sont plus accentués. Il s'ensuit que les cylindres, ne recevant pas toujours des charges de composition identique, ne sont pas souvent capables de donner au moteur le maximum de puissance prévu par ses dimensions. Un tel défaut est particulièrement grave pour un moteur d'aviation qui, pour être vraiment pratique, doit pouvoir fonctionner sans déaillance pendant un temps quelconque au maximum de sa charge.

Pour les moteurs d'automobile, l'inconvénient est moins grave, car ces machines, à l'inverse de ce qui doit se passer pour les moteurs d'aviation, fonctionnent rarement, ainsi que nous l'avons fait ressortir précédemment, à leur pleine charge. Quand d'ailleurs, pour une cause quelconque, le moteur d'une voiture faiblit, on a toujours la ressource du changement de vitesse. Avec l'aéroplane, si le moteur se montre insuffisant, l'aviateur n'a plus qu'à atterrir et les risques sont alors énormes s'il n'y a pas à proximité un terrain propice.

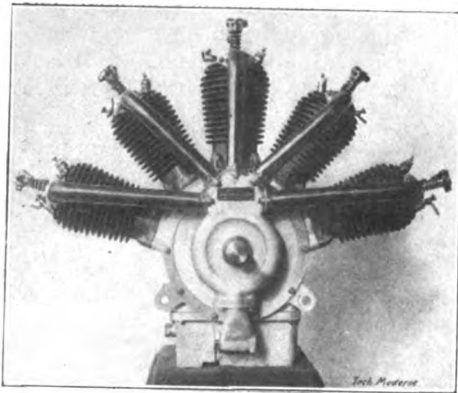


FIG. 2. — Vue d'un moteur à cylindres fixes en étoile.

Pour corriger ces irrégularités, les constructeurs restés fidèles aux carburateurs ont été amenés à des dispositions spéciales. C'est ainsi que, dans le moteur Renault (fig. 1), on fait parcourir au mélange en formation, à la sortie du carburateur, un très

long parcours avant d'arriver au collecteur d'alimentation des cylindres.

D'autres constructeurs réchauffent très énergiquement les carburateurs pour hâter la transformation de l'essence en vapeur, ce qui diminue la densité des charges et limite, par conséquent, la puissance du moteur en dessous de son maximum possible.

Dans les moteurs en étoile (fig. 2), la distribution du mélange tonnant aux différents cylindres se fait par des canalisations dirigées suivant des rayons, de façon à avoir des parcours égaux à partir du carburateur placé alors vers le centre de l'arbre.

Par ces différents moyens, et avec l'aide d'un mécanicien habile pour régler convenablement le carburateur avant le départ, on obtient de très bons résultats, ainsi que l'ont prouvé certaines performances remarquables récentes.

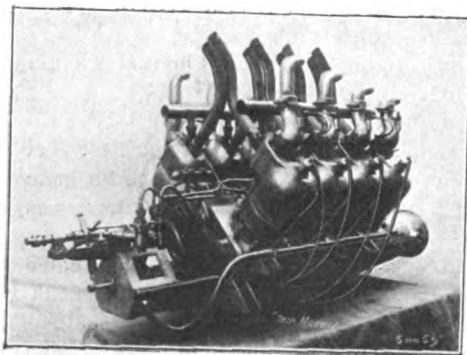


FIG. 3. — Vue d'un moteur Antoinette. — A droite, deux pompes, dont l'une est une pompe à huile et l'autre une pompe à pétrole. A la partie supérieure, entre chaque groupe de deux cylindres, on voit les petits tuyaux d'arrivée d'essence, au-dessus des boîtes d'admission.

qu'on semble avoir, pour la première fois, essayé de se passer du carburateur, type d'automobile.

Dans ce genre de moteur à huit cylindres en V, l'essence est envoyée directement au-dessus des soupapes d'admission par une pompe. Pour éviter des complications d'organes, les

constructeurs, tout en ayant recours à autant de tuyaux d'arrivée d'essence qu'il y a de cylindres, ne se sont cependant servis, pour l'alimentation générale, que d'une seule pompe. La répartition de l'essence aux divers cylindres ne saurait être, dans ce cas, uniforme. Cependant, par un réglage préalable bien fait, on arrive ainsi à une alimentation d'une uniformité suffisante pour que le moteur fonctionne régulièrement plus ou moins longtemps. Mais rien n'est inconstant comme la répartition d'un liquide entre diverses tuyauteries et, sans cause apparente, le réglage peut se modifier en cours de route, ce qui est une éventualité assez inquiétante. Le débit de la pompe se règle par tâtonnement, en agissant sur la course du piston commandé par un excentrique, dont on fait ingénieusement varier la position sur l'arbre de commande par l'action d'un deuxième excentrique concentrique au premier.

Avant chaque envolée, avec des moteurs de ce genre, on est toujours forcé de vérifier assez longuement les réglages pour arriver à un fonctionnement régulier des huit cylindres. L'essence envoyée par la pompe ne tombe pas directement sur les soupapes d'admission; le liquide s'arrête d'abord dans de petites cavités, qui ne communiquent avec les conduits d'admission que par des trous capillaires, et l'essence ne passe ainsi que proportionnellement à l'intensité des aspirations.

Grâce à une propriété particulière de l'essence, qui, lorsqu'elle se trouve en trop grand excès dans les mélanges, n'empêche pas les cylindres de donner leur maximum de puissance jusqu'à utilisation complète de l'oxygène qui se trouve dans l'air comburant, on obtient avec ces moteurs d'aussi bons résultats qu'avec les dispositifs spéciaux de carburateurs décrits ci-dessus.

Mais la consommation des moteurs à injection d'essence par pompe unique est souvent plus élevée que celle des moteurs à carburateur.

Dans le moteur Wright (fig. 4), le dispositif de carburation n'est pas meilleur au point de vue des consommations, mais il est incomparablement plus simple. On se contente, en effet, dans ce genre de machine, d'envoyer, dans une tubulure qui précède le collecteur d'alimentation des cylindres, un simple jet d'essence débité par une petite pompe à engrenages. Tout ce qu'on peut dire dans ce cas, c'est que, dans un temps donné, on envoie toujours la même quantité d'essence à l'ensemble des cylindres, quelles que soient les variations atmosphériques et les oscillations des aéroplanes. Pour éviter de noyer d'essence les cylindres, la tubulure de prise d'air dans laquelle se fait l'injection d'essence est tournée vers la terre, de manière à perdre à l'extérieur une partie de l'essence qui arrive en excès. Contre toute attente, ce moyen de carburation plutôt primitif s'est montré, comme on le sait, suffisant pour accomplir des vols d'assez longues durées lorsqu'on arrive à régler convenablement le débit d'essence.

(A suivre.).

LÉON LETOMBE.

Chargé du Cours de Machines thermiques à l'École Centrale des Arts et Manufactures.

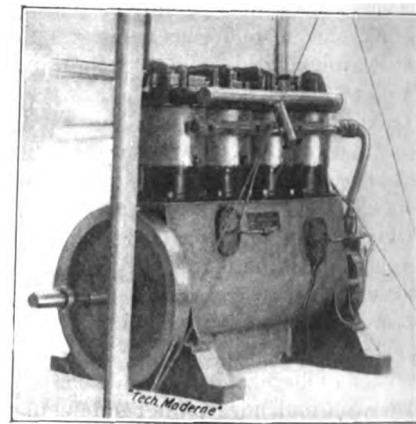


FIG. 4. — Vue d'un moteur Wright. — Côté de l'admission montrant l'emplacement de la pompe d'injection d'essence.

AVIATION

DE LA CONSTRUCTION ET DE LA CONDUITE DES AÉROPLANES¹

CONDITIONS GÉNÉRALES DE SÉCURITÉ

La sécurité des voyages en aéroplane dépend de deux séries de conditions :

- 1° Les conditions de construction des appareils;
- 2° Les conditions d'itinéraire imposées ou choisies.

L'arrêt du moteur d'un aéroplane obligeant celui-ci à descendre immédiatement en vol plané, il ne saurait y avoir de sécurité pour les passagers que si le pilote peut, à tout instant, envisager sans crainte l'arrêt de son moteur; il faut pour cela que l'appareil vole à grande hauteur, que le pilote soit exercé à faire des descentes en vol plané en spirale, et que, dans la zone ainsi accessible en vol plané, se trouve toujours un terrain d'atterrissage possible. Nous ne nous étendons pas davantage sur ces conditions de sécurité qui dépendent des pilotes, et nous nous occuperons seulement des conditions de sécurité qui dépendent de la construction des aéroplanes.

Celles-ci peuvent se classer en deux catégories :

A. *Les conditions de résistance* : Il faut que l'appareil soit construit de telle manière qu'aucune rupture de pièce essentielle ne puisse se produire en l'air sous l'action de remous ou des mouvements imprimés par le pilote à son appareil.

B. *Les conditions de gouverne de l'appareil* : Il faut, qu'en toutes circonstances, le pilote reste maître de la gouverne de son appareil, qu'il puisse à volonté le faire cabrer, plonger, tourner ou s'incliner en tous sens.

I. — Conditions de résistance.

a. *OBSERVATIONS GÉNÉRALES.* — La construction des aéroplanes diffère de la construction courante par deux points principaux :

- 1° La nécessité de pousser à l'extrême limite l'utilisation des matériaux de construction;
- 2° La difficulté que l'on éprouve à tirer profit des accidents pour remédier aux défauts des appareils.

Dans les calculs de la construction courante, on adopte, en général, un coefficient de sécurité de 6 à 10 qui doit suppléer aussi bien aux défauts de qualité des matériaux qu'aux défauts d'exécution. En fait, quand on essaie à la rupture l'ensemble d'un ouvrage ainsi calculé, on trouve que la charge de rupture, au lieu d'atteindre de six à dix fois la charge normale, n'en dépasse pas le double ou le triple : ici, une pièce a été affaiblie par un assemblage; là, une autre a cédé à un effort d'encastrement imprévu; ailleurs, c'est un défaut local de la matière qui a amené la rupture d'une pièce. Le résultat global est que le coefficient de sécurité de l'ensemble de l'ouvrage n'est que de 2 ou de 3 et qu'on aurait pu faire celui-ci aussi solide et trois fois plus léger s'il n'avait comporté ni défauts de conception, ni défauts de calcul ou d'exécution et s'il avait été construit avec des matériaux irréprochables.

Le mode de construction légère ainsi défini est celui vers lequel on doit tendre dans la fabrication des aéroplanes : une légèreté extrême étant pour eux une condition d'existence, on ne peut la concilier avec la sécurité des aviateurs que si les appareils présentent partout le même coefficient de sécurité, sans excéder nulle part. Lorsqu'on constate un excédent de poids sur

une pièce, il faut le supprimer pour le remplacer par un renforcement général du reste de l'appareil.

On peut trouver d'autres machines légères et solides dans lesquelles on est arrivé à ne rien laisser subsister d'inutile : la bicyclette, qui en est peut-être le type le plus parfait, n'est arrivée à son état actuel que par la modification incessante des premiers modèles, les constructeurs renforçant les pièces dont ils constataient parfois la rupture, allégeant ou supprimant celles qu'à l'usage ils estimaient trop fortes ou inutiles. Mais alors que l'expérience du service normal pouvait suffire au perfectionnement de la bicyclette dont les accidents n'étaient généralement pas graves, il n'en est plus de même avec l'aéroplane. De trop nombreux accidents ont montré que la résistance des appareils n'était pas toujours suffisante, sans que le plus souvent la cause exacte de la chute ait pu être établie, les appareils étant réduits en miettes.

On ne peut donc pas compter sur les seuls enseignements du service courant pour améliorer la construction des aéroplanes.

Deux procédés paraissent pouvoir y suppléer :

1° L'étude méthodique des efforts des diverses pièces pendant le vol;

2° L'essai des appareils au repos, au moyen de charges statiques réparties de manière à reproduire, aussi fidèlement que possible, les pressions de l'air pendant le vol.

Chacun de ces procédés est insuffisant par lui-même, mais ils se complètent : le premier, qui n'a pas encore été employé et n'est signalé que pour mémoire, ne pourrait s'appliquer qu'à un nombre restreint de pièces, mais il aurait l'avantage de donner pour celles-ci des efforts réels, desquels on pourrait déduire, sans erreur sensible, l'ordre de grandeur des efforts dans tout le reste de l'appareil. Le deuxième, au contraire, permet d'essayer l'ensemble d'un appareil, d'en connaître les points faibles et, par conséquent, de l'améliorer méthodiquement; mais il ne permet de faire de véritables essais de sécurité que si l'on connaît l'ordre de grandeur des efforts auxquels l'appareil peut être réellement soumis.

Le premier procédé n'étant pas encore applicable, nous donnerons plus loin une formule permettant de fixer l'ordre de grandeur des charges d'essai; l'invention du tensionmètre par le capitaine Largier, qui déduit la tension des tendeurs de leur hauteur de son, permet d'espérer la prochaine entrée dans la pratique du procédé de mesure directe des efforts en plein vol.

b) *DÉFINITION DU TRAVAIL NORMAL DES PIÈCES D'UN AÉROPLANE.* — Quand un appareil se déplace horizontalement, en ligne droite, avec une vitesse constante, dans un air parfaitement calme, la composante verticale de la résultante des pressions de l'air sur ses surfaces portantes fait équilibre au poids de l'appareil; la composante horizontale fait équilibre à la poussée de l'hélice. Si l'on connaît la loi de répartition des pressions correspondant à l'incidence des surfaces pendant le vol, l'effort auquel se trouve soumise une pièce quelconque est déterminé; c'est ce que nous appelons son *travail normal*.

c) *MESURE EXPÉRIMENTALE DU COEFFICIENT DE SÉCURITÉ DE L'ENSEMBLE D'UN AÉROPLANE.* — Supposons que nous réparitions sur les surfaces portantes, et suivant la même loi que les pressions de l'air, des charges dont la résultante soit égale

¹ Publication posthume du capitaine Tarron (voir la Notice biographique, t. III, n° 5 (Mai 1911), p. 293.

au poids de l'appareil multiplié par un certain coefficient supérieur à l'unité : nous augmentons ainsi le travail de toutes les pièces et nous pouvons arriver à briser l'appareil quand le coefficient multiplicateur atteint une valeur que nous appelons le *coefficient de sécurité* de l'aéroplane. Ce coefficient de sécurité est une caractéristique de la construction.

C'est pour mesurer directement le coefficient de sécurité des divers aéroplanes qu'on a imaginé les essais statiques au sable.

Considérons un appareil en vol; soit P son poids total y compris les passagers ou surcharges quelconques; soit p_1 le poids des ailes, p_2 la pression totale de l'air sur les empennages fixes : la pression résultante de l'air sur les ailes est normalement $P - p_1$ et comme les ailes sont pesantes, le travail normal des pièces résulte de la répartition sous les ailes d'une force totale $P - p_1 - p_2$.

Retournons l'appareil sens dessus dessous, et supportons-le par son fuselage central (de préférence par les points d'appui du moteur et des sièges des aviateurs). Du fait de la pesanteur, les ailes supportent déjà leur poids p_1 et, si nous les chargeons d'un poids π de sable (réparti comme la pression de l'air en vol), le travail des pièces résultera de la répartition de l'effort total $\pi + p_1$.

Supposons qu'avec la charge π nous arrivions juste à la rupture de l'appareil; le coefficient de sécurité de celui-ci peut s'exprimer par le rapport

$$\sigma = \frac{\pi + p_1}{P - p_1 - p_2}.$$

D'où l'on déduit que, pour présenter un coefficient de sécurité au moins égal à σ , un appareil ne doit pas se rompre sous la charge

$$\pi = \sigma(P - p_1 - p_2) - p_1.$$

d) **TAUX DE TRAVAIL MAXIMUM A CRAINDRE.** — Lorsque l'aéroplane vole suivant une trajectoire courbe ou dans un air agité, la pression de l'air sur les ailes peut devenir momentanément supérieure à $P - p_2$. Nous la représenterons par $\tau(P - p_2)$, en appelant *taux de travail* le coefficient numérique τ .

Le taux de travail dépend donc uniquement des circonstances extérieures, et un aéroplane présentant un coefficient de sécurité σ

ne devra pas voler dans des conditions atmosphériques telles que le taux de travail τ puisse devenir égal à σ .

Nous allons montrer comment, à défaut de mesures directes du taux de travail, on peut, dans des circonstances et pour un appareil donnés, calculer une limite supérieure de ce taux de travail.

Soit AB la section d'une aile d'aéroplane (fig. 1); AX la direction du vent relatif qui correspond à une sustentation nulle; AM une di-

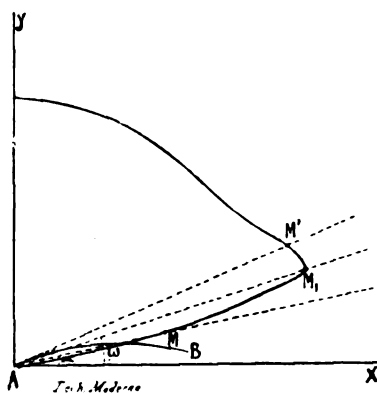


FIG. 1.

rection du vent faisant un angle α avec AX .

Portons en AM une longueur égale à la poussée moyenne par unité de surface de l'aile pour une vitesse de vent égale à l'unité; si nous faisons tourner AM de 0° à 90° à partir de AX , le point M décrit une courbe tangente à AX en A et le vecteur AM passe par un maximum AM_1 , pour un certain angle ω compris entre 15° et 20° (résultat des expériences de M. Eiffel) (*).

Supposons qu'en air calme la sustentation ait lieu; nous avons

$$P - p_2 = \overline{AM} \cdot S \times V^2,$$

S étant la surface totale des ailes de l'aéroplane, V la vitesse du vent relatif.

Représentons en grandeur et direction la vitesse du vent relatif par un vecteur $\bar{V}$ (fig. 2) et supposons que cette vitesse varie brusquement d'une quantité $\bar{v}$, soit par suite d'un changement de direction en profondeur, soit par suite d'un remous : dans le premier cas, $\bar{v}$ est sensiblement perpendiculaire à $\bar{V}$ tandis que, dans le second cas, $\bar{v}$ peut avoir une orientation quelconque.

Le nouveau vent relatif $\bar{V}'$ est la résultante de $\bar{V}$ et de $\bar{v}$, et si nous reportons sur le diagramme de la figure 1 la direction AM' parallèle à $\bar{V}'$, la poussée sera devenue momentanément

$$\overline{AM'} \times S \times V'^2,$$

M' étant le point d'intersection de la direction AM' et de la courbe des poussées.

Nous ne connaissons ni AM' ni V' , mais ces termes ont chacun un maximum; on a toujours en effet

$$AM' \leq AM_1 \text{ et } V' \leq V + v,$$

dans le cas où la vitesse v est celle d'un remous.

Le maximum de la poussée instantanée est alors

$$AM_1 \times S \times (V + v)^2$$

et le taux de travail correspondant au remous de vitesse v est au plus égal à

$$\tau = \frac{AM_1}{AM} \times \frac{(V + v)^2}{V^2} = AM_1 \cdot \frac{(V + v)^2}{p},$$

en désignant par p la moyenne unitaire $\frac{P - p_2}{S}$ de la pression sur les ailes; nous appellerons cette pression p le *poids spécifique* de l'appareil.

Si la variation v de la vitesse relative résulte uniquement d'un changement de direction en profondeur (cas du vol en air calme), on a sensiblement $V' = v$, et le maximum du taux de travail est

$$\tau_1 = AM_1 \frac{V^2}{p}.$$

D'après les résultats d'expérience publiés par M. Eiffel, AM varie dans des limites assez étroites, de 0,06 à 0,075 suivant la courbure des ailes, suivant que l'appareil est monoplane ou biplane, suivant l'écartement des plans dans ce dernier cas.

On peut donc, sans erreur considérable, adopter comme taux de travail maximum à craindre, l'expression

$$\tau_1 = 0,075 \frac{(V + v)^2}{p},$$

dans laquelle p est le poids spécifique de l'appareil, V sa vitesse maximum, v la vitesse du plus fort remous brusque auquel on admet que l'appareil puisse être exposé.

En air calme elle se réduit à

$$\tau_1 = 0,075 \frac{V^2}{p}.$$

c) **CONCLUSIONS TIRÉES DE LA FORMULE DU TAUX DE TRAVAIL.** — De l'examen de cette formule, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Le taux de travail maximum à craindre est d'autant plus grand, pour un appareil donné, que sa vitesse est plus grande.

Dans le cas du vol en air calme, τ_1 varie comme le carré de la vitesse, ce qui montre le danger des vols planés à très grande

(*) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 3 (Mars 1911), p. 129, et n° 4 (Avril 1911), p. 201.

vitesse suivis d'un redressement brusque à l'atterrissage. Si nous prenons, par exemple, un appareil pour lequel $p = 18$ kg. $V = 23$ m, le taux de travail maximum à craindre est $\tau_1 = 2,2$; si, à la fin d'un vol « piqué », V atteint 30 mètres, τ_1 se trouve porté à 3,75.

En cas de vol dans un air agité, τ_1 est proportionnel au carré de la somme de la vitesse de l'appareil et de la vitesse du plus fort remous possible. Pour un aéroplane donné, il y a donc d'autant plus d'intérêt à ne pas augmenter la vitesse que l'air est plus agité; si le moteur présente un grand excédent de puissance, on étranglera les gaz pour la marche horizontale et, dans tous les cas, on évitera les descentes, le moteur restant allumé. Supposons par exemple, que l'appareil pour lequel $p = 18$, $V = 23$, présente un coefficient de sécurité $\sigma = 5$; il pourra certainement sortir sans danger de rupture si l'on a

$$(V + v)^2 < \frac{5 \times 18}{0,075} \text{ ou } V + v < 34,70.$$

Par temps parfaitement calme, sa vitesse pourrait impunément être portée à 34 mètres, tandis que s'il est exposé à rencontrer des remous de 10 mètres, sa vitesse ne doit pas dépasser 24^m.70.

On ne saurait donc trop mettre les pilotes en garde contre ce fait que le danger de la descente en vol « piqué » varie suivant les circonstances. De ce qu'un aéroplane donné a exécuté une ou plusieurs descentes très rapides sans se briser, il ne faut pas conclure qu'il peut les renouveler impunément; il pourrait se rompre à une vitesse très inférieure à celles qu'il a déjà atteintes dans des circonstances en apparence identiques: il suffirait pour cela qu'il soit pris dans un remous brusque de vitesse notable. Cette remarque paraît d'autant plus nécessaire que les impressions ressenties par le pilote peuvent lui donner à penser le contraire: plus l'appareil va vite, mieux il obéit; sa trajectoire devient plus rigide, et le pilote, se sentant moins secoué, peut croire que les remous ont moins d'action sur son appareil: il n'y a là qu'une apparence trompeuse.

2° Un appareil donné, marchant à une vitesse donnée, ne doit pas s'exposer à des remous de vitesse supérieure à une limite donnée par la formule

$$v = \sqrt{p \cdot \frac{\sigma}{0,075}} - V,$$

σ étant le coefficient de sécurité que présente l'appareil.

3° De deux appareils construits avec le même coefficient de sécurité, c'est celui dont le poids, par mètre carré, est le plus élevé qui pourra donner sans danger la plus grande vitesse.

Par conséquent, si l'on veut augmenter la vitesse d'un appareil, il ne suffit pas d'en changer le moteur, il faut aussi en réduire la surface.

Ces conclusions resteraient sans portée pratique si l'on ne cherchait pas à se rendre compte des vitesses des remous auxquels un appareil est exposé. Quant on examine les courbes fournies, même au-dessus d'un terrain bien dégagé, par un anémomètre enregistreur, on constate généralement que, dans un vent de vitesse moyenne v , il se produit des variations brusques de la vitesse instantanée et que celle-ci atteint fréquemment les vitesses v et $2v$, tandis qu'elle ne sort presque jamais de ces limites; il semble donc légitime d'admettre, comme un fait d'observation, que la vitesse des remous peut être égale à la vitesse moyenne du vent.

Par conséquent, on peut admettre qu'en substituant, dans les formules données précédemment, la vitesse moyenne du vent à la vitesse des remous, on se place dans le cas d'une limite supérieure qui peut vraisemblablement être atteinte, notamment sur les aérodromes entourés de rideaux d'arbres ou de constructions élevées.

Quand on calcule pour un appareil, le taux de travail maximum

à craindre par des vents de vitesses diverses, on constate que même pour de faibles vitesses, il faut des coefficients de sécurité élevés (de 3 à 3,5); mais quand on augmente la vitesse du vent, le taux du travail maximum à craindre augmente lentement.

Reprenons, par exemple, l'appareil à 18 kg de poids spécifique avec 23 mètres de vitesse pour des vents de

5, 7, 10, 12 15, 18 m.

le taux du travail maximum à craindre atteindrait les valeurs respectives :

3,25 — 3,75 — 4,5 — 5,1 — 6 — 7.

Les moindres progrès dans la construction, à partir de l'état actuel, diminueront donc, dans des proportions considérables, les chances de rupture des appareils en l'air.

Si l'on applique la formule à des appareils existants, on constate généralement que, dans les monoplans, le taux de travail maximum à craindre est un peu moindre que dans les biplans. Cet avantage est plus apparent que réel, car la forme des biplans paraît mieux se prêter à l'obtention de coefficients de sécurité élevés. Malheureusement, si les constructeurs de monoplans, éprouvés par de graves accidents, ont été amenés à faire de grands progrès dans leur construction, ils n'ont peut-être pas été suffisamment suivis par les constructeurs de biplans auxquels la rareté des ruptures de leurs appareils semble avoir donné trop de confiance.

f) ESSAIS AU SABLE. — Dans l'essai statique d'un appareil, quel coefficient de sécurité devra-t-on pouvoir constater sans qu'il se produise de détérioration ?

Il semble suffisant d'adopter, pour ce coefficient, la valeur même du taux de travail maximum à craindre; il ne faut pas oublier, en effet, que la formule de τ_1 fait connaître seulement une limite supérieure que le taux de travail réel n'atteint jamais (notamment parce que, si rapides que soient les remous, le changement de la vitesse de l'air n'est pas absolument instantané et que l'appareil, cédant aux efforts qui s'exercent sur lui, n'a plus sa vitesse V quand le remous atteint sa vitesse v). On essaierait donc les appareils dans les mêmes conditions qu'un pont auquel on fait supporter une surcharge combinée, de telle façon qu'en service courant il ne puisse jamais travailler autant que pendant l'essai.

La charge totale de sable étant ainsi fixée, on la répartira proportionnellement aux pressions de l'air sous une incidence déterminée: comme le taux de travail ne peut devenir considérable que pour de fortes incidences, il semble logique de choisir l'incidence qui réglera la répartition aux environs de 15°. On trouve alors que la pression, très forte au voisinage du bord antérieur de l'aile, va en diminuant de l'avant à l'arrière, le centre de gravité de la charge étant au tiers environ de la profondeur de l'aile; en outre, lorsque les ailes sont à bouts carrés, il se produit de fortes dépressions au dos des extrémités.

M. Eiffel a montré combien les répartitions des pressions pouvaient être différentes suivant les surfaces, quand on essaye celles-ci sous une même inclinaison de 6°. D'après les résultats qu'il a publiés, les constructeurs pourraient être tentés de rechercher des profils qui ne présenteraient pas, sur le bord avant, de pressions supérieures à la moyenne. Il ne semble pas que les recherches en ce sens puissent donner des résultats utiles pour la raison suivante: quand on essaye une même surface courbe sous diverses incidences, on constate, sur le bord avant, pour de très faibles incidences, une contrepression locale dirigée vers la concavité de l'aile; quand l'incidence augmente, cette contrepression s'annule, puis se change en une pression dirigée, comme la poussée résultante, vers la convexité de la surface, et qui atteint rapidement un maximum très supérieur à la pression moyenne, puis diminue. Quand on trouve qu'une

surface donne, pour une incidence déterminée, une répartition régulière des pressions, sans maximum élevé sur le bout avant, on constate donc un fait général qui, dans le cas particulier, se vérifie pour l'incidence choisie.

Ce phénomène s'explique comme il suit : Quand une aile courbe se déplace dans l'air, il se produit, du côté de la concavité, une surpression, du côté de la convexité, une dépression, et l'air qui est en avant de l'appareil, repoussé par le centre de surpression de l'intrados, attiré par la dépression de l'extrados, prend une vitesse dirigée de bas en haut, qui est une fraction très importante de la vitesse de haut en bas dont il est animé à la sortie.

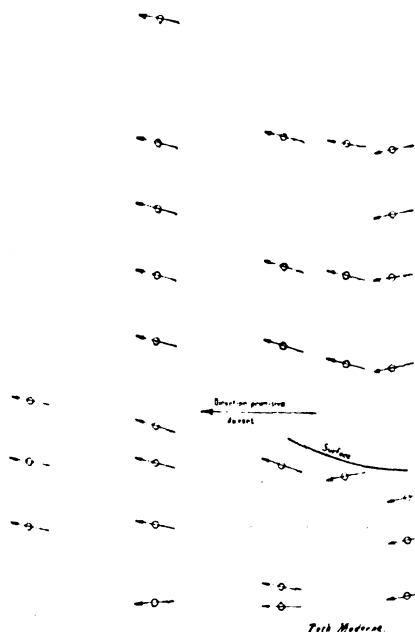


FIG. 3.

La figure 3 donne un schéma de relevés directs des directions des filets d'air faits autour d'une petite surface courbe placée dans le vent d'un tunnel, avec un angle d'attaque apparent nul; on voit que l'angle d'attaque réel est, au contraire, considérable et que, pour l'annuler, il faut recourber fortement le bord d'attaque ou diminuer l'incidence de la surface.

Mais on ne peut l'annuler que pour une inclinaison déterminée de la surface dans le vent et, dès qu'on augmente cette inclinaison, les fortes surpressions sur le bord avant reparaissent.

Les constructeurs peuvent donc, en incurvant les bords d'attaque des ailes, atténuer les fortes surpressions pendant le vol normal, mais ils ne doivent pas compter les faire disparaître en toutes circonstances; ils devraient donc renforcer, dans tous les cas, les courbes et l'entoilage de leurs appareils au voisinage du bord d'attaque, et d'autant plus que ce bord est moins incurvé.

C'est la même raison qui produit de fortes dépressions au dos des bouts d'ailes carrées; on les fait disparaître complètement en incurvant vers le bas le bout de l'aile. Cette incurvation doit être très faible, il suffit généralement d'adopter, pour la face inférieure, le profil longitudinal rectiligne, et d'amincir le bout de l'aile en faisant le dos convexe. La surface moyenne de l'aile est ainsi suffisamment concave vers le bas pour qu'on n'ait pas à tenir compte d'efforts anormaux sur les bouts des ailes.

g) **RÉSISTANCE AUX PRESSIONS VERTICALES DIRIGÉES DE HAUT EN BAS.** — Nous n'avons considéré jusqu'ici que l'action des remous dirigés de bas en haut et dangereux par l'augmentation de pression sous les ailes; mais, dans le cas d'un brusque remous dirigé de haut en bas, l'angle d'attaque peut devenir négatif et les pressions de l'air sur les ailes changent de sens.

M. Riabouchinsky a donné des tableaux des pressions que l'air peut exercer sur des surfaces courbes attaquées par le dos, et l'on peut en déduire que, pour des surfaces de courbure $1/12$ ou $1/16$, la pression totale atteint la valeur $0,025 SV^2$ pour des inclinaisons de -15° à -20° .

Pour éviter une rupture en ce cas, il faudrait donc que les appareils puissent supporter, sur le dos des ailes, une pression égale au tiers de celle que nous admettons dans l'essai au sable. Cet essai de charge sur le dos des ailes n'a pas encore été fait, à

notre connaissance. Il est d'ailleurs facile d'obtenir la résistance qu'il exige, mais tous les constructeurs n'en ont peut-être pas suffisamment envisagé la nécessité.

h) **RÉSISTANCE AUX EFFORTS LONGITUDINAUX.** — Projétons sur la corde de l'aile d'un aéroplane la résultante des pressions qui s'exercent sur cette aile; la composante ainsi trouvée représente l'effort longitudinal qu'elle supporte. Cet effort, proportionnel au carré de la vitesse du vent relatif, est susceptible de variations beaucoup moindres que la poussée : à la vitesse de régime, en air calme, il est au plus égal à la poussée H de l'hélice et sa valeur maximum à craindre en air agité est $H \times \left(\frac{V+v}{V}\right)^2$, en désignant par V la vitesse normale de l'appareil et par $V+v$ la vitesse maximum que peut atteindre momentanément le vent relatif.

i) **CHOIX DES MATÉRIAUX.** — Nous ne nous arrêterons à la question du choix des matériaux que pour discuter l'emploi des tirants en corde à piano.

En essayant à la traction des tirants en corde à piano fixés, par le procédé courant de la boucle arrêtée, dans un petit tube de

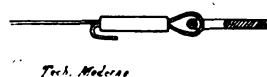


FIG. 4.



FIG. 5.

cuivre, on constate que, pour des tirants habituels de 2 mm à 3 mm de diamètre, il faut une traction de 60 kg à 70 kg par millimètre carré environ pour faire serrer la boucle par glissement du fil, et l'amener de la forme que représente la figure 4 à la forme indiquée par la figure 5. Par conséquent, si le fil est, par lui-même, incapable d'un allongement appréciable avant rupture, ce mode d'attache y supplée dans une certaine mesure; quand un tirant s'est serré à fond, on est prévenu qu'il a travaillé à 60 kg au moins, qu'il n'est plus capable d'aucun allongement avant rupture et il est prudent de le remplacer.

Si les aviateurs se conformaient à cette règle et si les constructeurs s'en tenaient à ce mode d'amarrage susceptible d'un serrage avertisseur, il n'y aurait pas d'inconvénient à maintenir, dans la construction des aéroplanes, la corde à piano qui a de grands avantages de légèreté.

RÉSUMÉ DES CONDITIONS DE RÉSISTANCE. — Il y a lieu d'étendre la pratique des essais au sable, qui font connaître les points faibles des aéroplanes et le coefficient de sécurité σ sur lequel on peut compter pour un aéroplane d'un type donné.

Le taux de travail maximum à craindre peut s'exprimer par la formule

$$\tau = 0,075 \frac{(V+v)^2}{p},$$

V étant la vitesse normale de l'appareil, p son poids spécifique, v la vitesse du vent. Un appareil n'est pas en complète sécurité si l'on n'a pas $\sigma < \tau$.

Avec un mode de construction donnant un coefficient de sécurité déterminé σ , le poids spécifique d'un appareil doit être d'autant plus élevé que la vitesse doit être plus grande.

Il est nécessaire que tout aéroplane ait un coefficient de sécurité de 3 au moins; toute amélioration du coefficient de sécurité à partir de ce chiffre fait augmenter très rapidement la vitesse des remous et du vent que l'appareil peut supporter.

Il y a intérêt à incurver le bord d'attaque des ailes pour lui donner un angle d'attaque apparent négatif; il est nécessaire de renforcer les courbes et la toile de ce bord d'attaque; il est bon d'arrondir et d'amincir les bouts des ailes, de manière que

leur profil longitudinal moyen soit légèrement concave vers le bas.

Il faut prévoir le renversement du sens des pressions de l'air.

L'emploi des tendeurs en corde à piano est sans inconvénient

si l'on emploie l'amarrage à bouche serrante et si l'on change tout tendeur dont les boucles se sont serrées à fond.

(A suivre.)

E. TARRON,

Capitaine du génie

au Laboratoire d'Aéronautique militaire de Chalais-Meudon.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

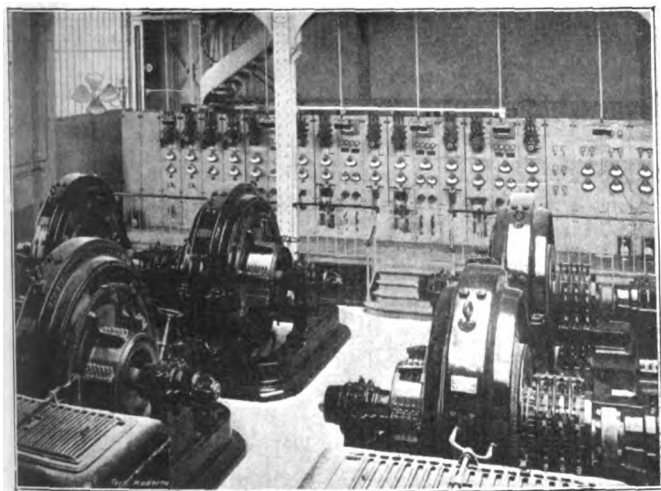
LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

DU CHEMIN DE FER SOUTERRAIN DU NORD-SUD

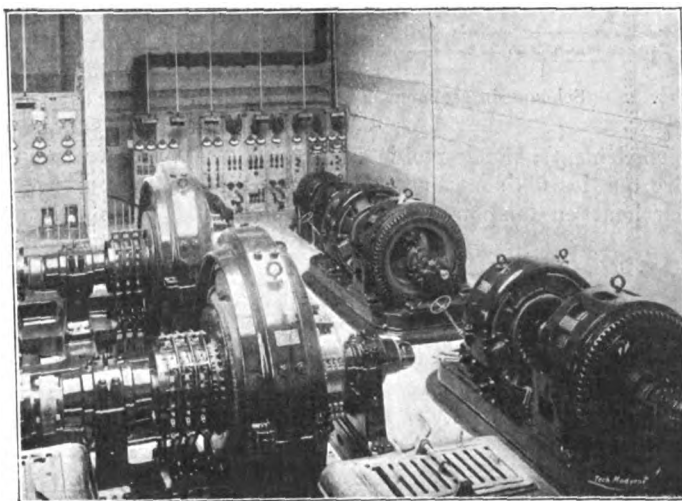
La nouvelle Compagnie du chemin de fer électrique Nord-Sud de Paris, qui a commencé son exploitation au mois de novembre 1910, n'a, en ce moment, que deux lignes, l'une de 8 km allant de la Porte de Versailles à Notre-Dame-de-Lorette, et l'autre, de 3 km, allant de Saint-Lazare à la Porte de Saint-Ouen. Ces deux

Dans cette galerie, sont placés, sur l'un des côtés, les câbles à haute tension et, de l'autre, le courant continu qui va servir pour la traction.

Les câbles armés, à haute tension, triphasés, sont au nombre de sept : trois se rapportent à l'usine de Saint-Denis (un en charge,



Côté gauche.



Côté droit.

FIG. 1.
Vue d'ensemble de la sous-station « Necker ».

lignes, et toutes celles qui s'ouvriront dans quelque temps, sont entièrement souterraines. Le matériel roulant, motrices et remorques, est métallique. Le poids d'une motrice est d'environ 34 tonnes, et celui d'une remorque d'environ 19 tonnes. Les motrices sont mues électriquement; leur énergie est fournie par deux usines génératrices : celle de la Société d'électricité de Paris, située à Saint-Denis, sous un potentiel de 10 000 volts, et celle de la Compagnie générale de distribution d'énergie électrique, située à Vitry, sous un potentiel de 13 000 volts.

Sous-stations. — Le courant alternatif à haute tension de « Saint-Denis » et de « Vitry » est transformé en courant continu par deux sous-stations appartenant au Nord-Sud. La sous-station « Tivoli », à côté de la gare Saint-Lazare, et la sous-station « Necker », située impasse de l'Enfant-Jésus, à Vaugirard.

Les deux sous-stations sont semblables et de même puissance. En temps normal, l'une reçoit son courant de « Saint-Denis », l'autre de « Vitry », mais en cas d'avaries à l'une des usines génératrices, on peut alimenter les deux sous-stations par la même source.

Nous allons décrire l'une de ces sous-stations, celle de « Necker » par exemple (fig. 1).

Nous trouvons, dans les sous-sols de la sous-station, l'entrée d'une galerie assez spacieuse qui va rejoindre la ligne roulante.

un de secours pour une surcharge et un troisième de sécurité), trois autres se rapportent à l'usine de Vitry et un septième peut amener le courant de « Vitry », mais par l'intermédiaire d'« Edgar-Quinet », sous-station de « Vitry ». Ces câbles aboutissent au premier sous-sol. Pour chacun d'eux, à l'arrivée, se trouve un interrupteur principal fonctionnant à la main. Après avoir passé à travers les fusibles, parafoudres, etc., le courant ayant une tension de 13 000 volts et 10 000 volts, arrive sur les barres omnibus, où l'on peut prendre des dérivations pour envoyer le courant à 10 000 volts ou 13 000 volts sur un ou plusieurs transformateurs. Pour mettre en charge un transformateur, un interrupteur est commandé, du tableau de la salle des machines, par un circuit à 110 volts pris sur les accumulateurs.

Nous trouvons dans la salle des machines quatre transformateurs triphasés de 1 500 kw pour la traction; chaque transformateur a son bobinage de la haute tension en étoile et celui de la basse tension en quatre étoiles ayant chacune leur point neutre. Les quatre étoiles servent à alimenter deux commutatrices de 750 kw hexaphasées, montées sur le même arbre.

Les commutatrices au nombre de 8, réunies 2 par 2, ont été construites par la Compagnie Westinghouse; leur puissance est de 750 kw, mais elles peuvent donner des pointes de 1 500 kw. Le courant moteur est envoyé sous une tension de 380 volts (25 périodes). Le nombre des pôles est de 8; la vitesse sera par

conséquent de 375 tours. Le courant alternatif est transformé en courant continu sous une tension de 600 volts. Chaque groupe de 2 commutatrices est mis en série et le positif de l'une arrive, après avoir passé à travers un disjoncteur, sur une barre omnibus sur laquelle on pourra mettre en parallèle le positif des autres machines. Le négatif de l'autre machine aboutit à une autre barre, et le point neutre des deux commutatrices est mis directement à la terre. Le tableau de distribution

est semblable aux tableaux courants. Aucun appareil à haute tension n'est sur le tableau, et des voyants indiquent les câbles sous tension ainsi que les transformateurs. La puissance demandée est de 3000 kw par sous-station, et la charge fait varier le voltage de 580 volts à 620 volts. La figure 1 (p. 341) montre, à droite, un tableau spécial pour l'éclairage.

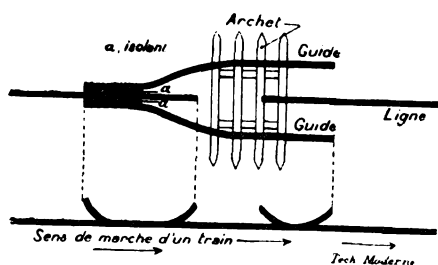


FIG. 3. — Schéma du sectionneur de trolley.

normalement); l'autre moitié de l'éclairage est protégée (c'est-à-dire que les fils sont sous câbles armés). Ces deux éclairages marchent en tampon sur les accumulateurs et sur un groupe

La moitié de l'éclairage est normale (c'est-à-dire que les fils sont isolés

normalement); l'autre moitié de l'éclairage est protégée (c'est-à-dire que les fils sont sous câbles armés). Ces deux éclairages marchent en tampon sur les accumulateurs et sur un groupe

ÉLEVATION

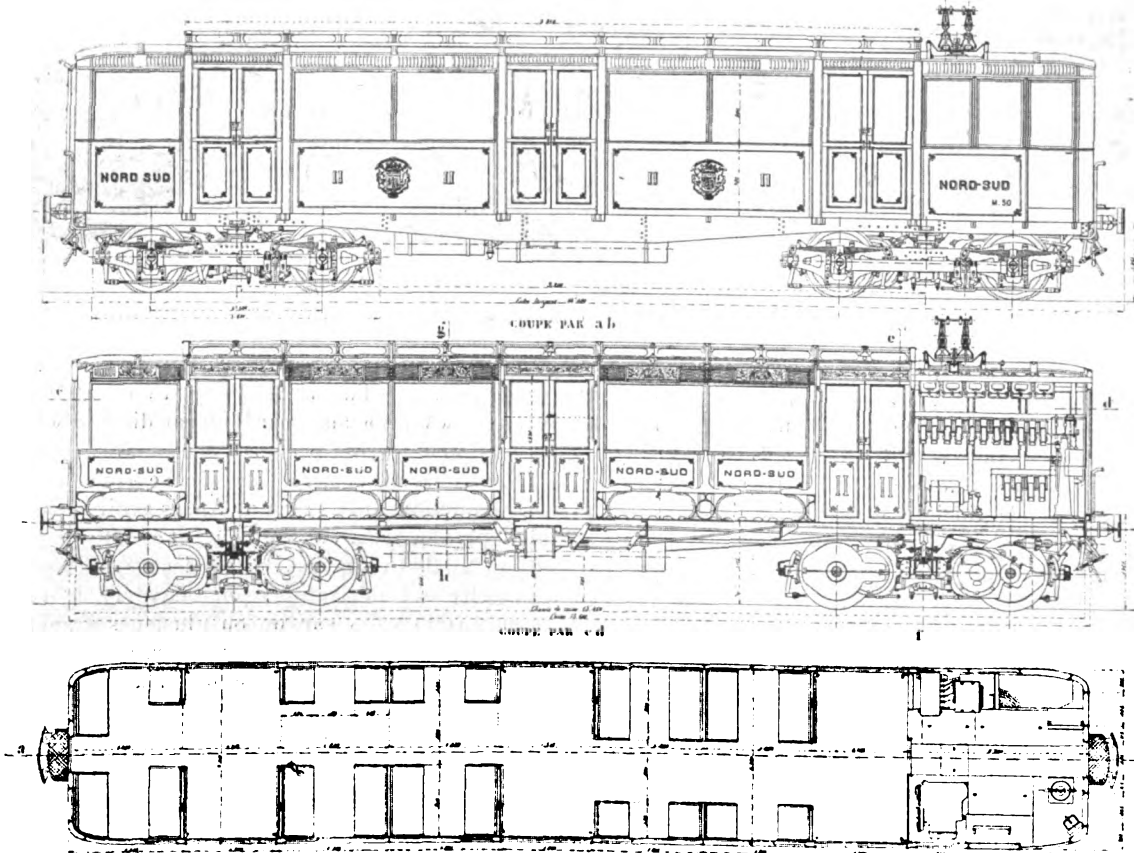


FIG. 7. — Schéma d'une motrice type Nord-Sud.

transformateur (moteur asynchrone et dynamo). Nous trouvons également dans l'usine deux groupes survolteurs et deux groupes moteur asynchrone et dynamo, dont un sert à l'éclairage, l'autre est de réserve. La tension de l'éclairage est de 550 volts.

ALIMENTATION DE LA TRACTION. — La distribution du courant de traction se fait simultanément par trolley et par rail de courant.

Nous avons vu, dans la description d'une sous-station du Nord-Sud, que les commutatrices étaient en série avec point neutre à la terre (fig. 2), chaque commutatrice donnant 600 volts, le positif de l'une étant réuni au trolley et le négatif de l'autre, au rail isolé. Il y a donc 1 200 volts entre ces deux conducteurs. Il en résulte une grande économie de cuivre; l'électrolyse des câbles nus est presque supprimée ainsi que celle des conduites d'eau et de gaz de

la ville qui, dans les autres ins-

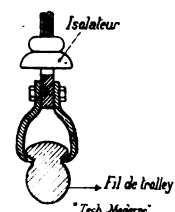


FIG. 4. — Dispositif de la suspension du trolley.

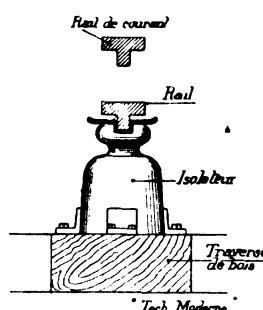


FIG. 5. — Vue d'un support isolateur de rail de courant.

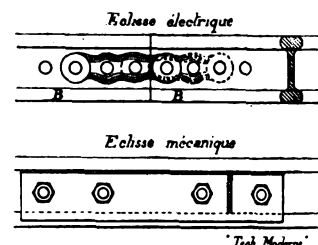
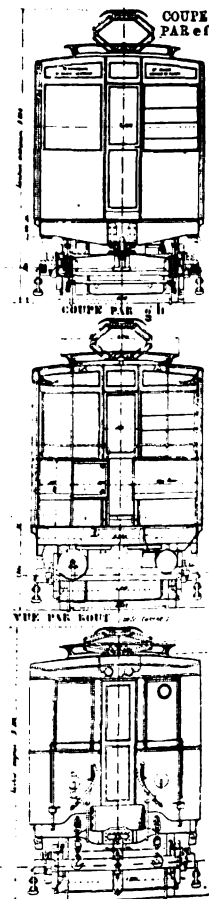


FIG. 6. — Dispositif d'éclisse électrique et d'éclisse mécanique.

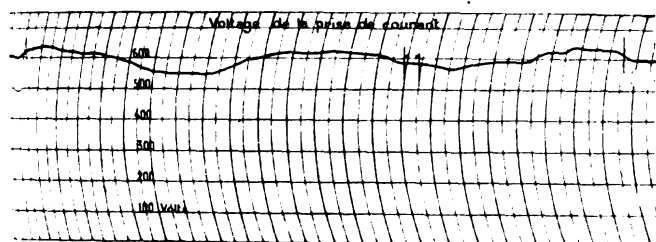
tallations, servent de retour de courant aux sous-stations. **Trolley.** — Le trolley a la même section d'un bout à l'autre du



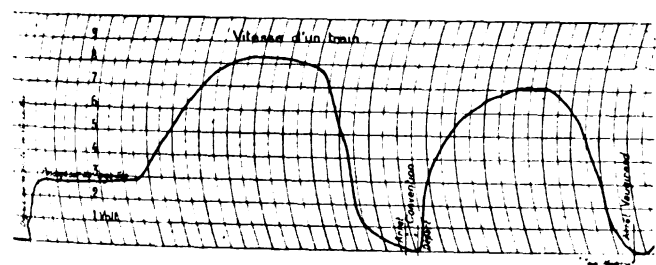
réseau, mais il est sectionné de gare en gare. Chaque section a son alimentation sur un des feeders en aluminium qui suivent le milieu de la voûte du tunnel. Cette dérivation va passer à travers un interrupteur disjoncteur à maxima, placé dans une cabine, à

l'entrée des gares. Ce disjoncteur doit sauter, lorsqu'un train, se trouvant dans une section, a absorbé un courant anormal, ceci pour que le disjoncteur de la distribution totale de la sous-station ne se coupe pas et permette aux autres trains de continuer leur parcours jusqu'à ce qu'ils soient arrêtés par les signaux, si le train qui a causé la disjonction partielle est avarié et ne peut continuer sa marche. Un autre avantage du sectionnement est la répercussion très faible de la chute de tension causée par un train qui démarre.

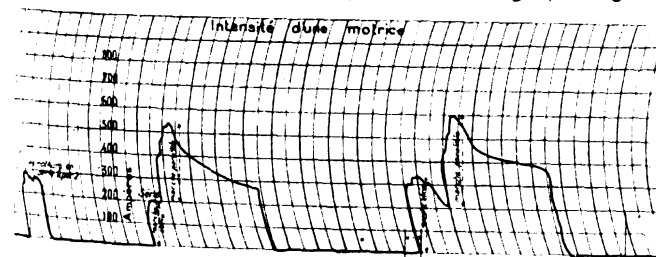
La tension pouvant être un peu différente sur deux sections successives, il était à craindre que l'archet fasse pont. Pour obvier à cela, on a mis la coupure plus large que l'archet, et pour qu'aucun arc ne subsiste à la rupture, on a placé les sectionneurs au milieu des gares, c'est-à-dire en un endroit où le wattman a coupé le courant. Pour éviter les chocs mécaniques, l'archet



a) Graphique du voltage correspondant à la charge d'une motrice.



b) Graphique de la vitesse d'un train en fonction du voltage (voir fig. 10).



c) Graphique de l'intensité du courant dans une motrice d'un train en charge.

FIG. 8. — Graphiques du parcours d'un train de la Porte de Versailles à la station de Vaugirard. (En abscisses, 5 mm représentent 10 secondes).

est guidé dans son passage d'une section à l'autre (fig. 3, p. 342). Le fil du trolley est en bronze phosphoreux, d'une section en forme de 8 (fig. 4, p. 342). Cette section est la même sur toute la longueur, ce qui permet une suspension facile.

Les supports ne sont pas tout à fait dans l'axe de la voie, ni alignés parallèlement à une même génératrice du tunnel, ce qui donne au fil du trolley une direction en zigzag, qui a pour but d'user régulièrement les lames d'archet sur une assez grande surface.

Rail conducteur. — L'alimentation du rail conducteur est beaucoup plus simple. Son courant est fourni par des feeders armés, rampant sous le ballast. Ce rail est très peu sectionné. Une section a près de 2 km; elle est d'une seule pièce, chaque coupon de rail étant soudé au suivant. Le rail de courant alimentant la voie d'allée et le rail de courant de la voie de retour sont mis en parallèle par des connexions situées à peu près à chaque gare.

La coupure entre deux sections a une longueur supérieure à la distance qu'il y a entre deux sabots de prise du courant.

Le rail de courant est en fer; sa section a la forme d'un T (fig. 5, p. 342). Il repose sur des isolateurs en grès et est maintenu, sans

aucune attache, par son propre poids. Entre le fer et l'isolateur, on a intercalé de petits coussins de feutre goudronné qui amortissent les vibrations de l'isolateur, celui-ci étant fixé sur les traverses des rails de roulement.

Rails de roulement.

— Ce sont des rails à double champignon. Ils doivent servir de troisième conducteur au passage d'un train entre la motrice de tête et la motrice de queue. Ils peuvent cependant servir de rail de retour total du courant à la sous-station dans le cas assez rare où, à la suite d'avaries, une motrice est supprimée ou bien, lorsqu'un des deux ponts est mis hors service.

L'éclisse électrique est composée d'un ruban de cuivre électrolytique enroulé un certain nombre de fois sur lui-même. A chaque extrémité, est coulé un tenon qui doit faire corps avec le ruban après la coulée (fig. 6, p. 342).

La distance entre les deux tenons est de 20 cm; cette distance peut varier sensiblement, le ruban étant ondulé, ce qui permet de ne pas tenir compte de la distance entre les deux rails et de passer facilement deux boulons pour l'éclisse mécanique.

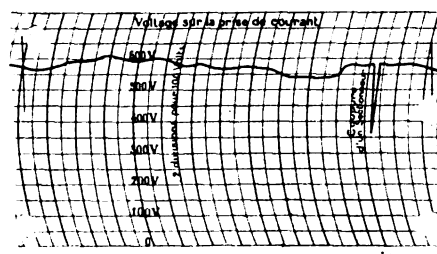
MATÉRIEL ROULANT.

— Les trains sont composés de deux motrices (fig. 7, p. 342) avec une, deux ou trois remorques. Chaque motrice comprend 4 moteurs d'une puissance de 125 kw chacun. La puissance nécessaire pour traîner un train de 121 t est environ de 5 kw-h 500 par kilomètre, à vide, et de 6 kw-h 250, avec charge maximum.

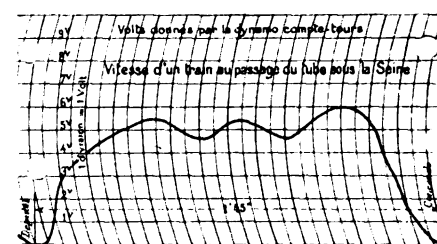
Par les courbes des figures 8, 9 et 10, nous voyons qu'un train effectue son démarrage en 14 secondes et possède, à la fin du démarrage, une vitesse de 24 km à l'heure. La puissance demandée, par motrice, pour le démarrage est, comme l'indiquent les courbes du voltage et de l'intensité, de 350 kw à 450 kw.

(A suivre.)

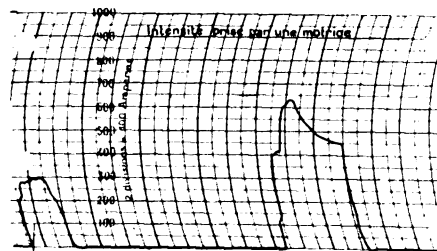
G. DROMEL,
Ingénieur-Electricien.



a) Graphique du voltage correspondant à la charge d'une motrice.



b) Graphique de la vitesse d'un train en fonction du voltage (voir fig. 10).



c) Graphique de l'intensité du courant dans une motrice d'un train en charge.

FIG. 9. — Graphiques du parcours d'un train sous la Seine. (En abscisses, 5 mm représentent 10 secondes).

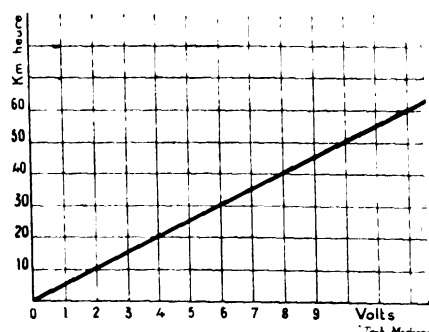


FIG. 10. — Diagramme donnant la vitesse d'un train en fonction du nombre de volts relevés sur les courbes de vitesse.

CHEMINS DE FER

SUR LES MÉNISQUES BRILLANTS

OBSERVÉS SUR LA TABLE DE ROULEMENT DE CERTAINS RAILS⁽¹⁾

Lorsque l'on parcourt une voie de chemin de fer, on ne tarde pas à être frappé par l'aspect de certains rails, qui présentent, sur le fond sombre de la table de roulement, des taches extrêmement brillantes, en forme de croissant de lune, régulièrement espacées. Sous un certain éclairage de la voie, le phénomène est particulièrement remarquable par suite de l'intensité lumineuse de ces ménisques.

Si l'on examine attentivement l'un quelconque des rails frappés de ces marques brillantes, on observe aussitôt, au toucher, que la surface de la table de roulement est ondulée, chaque partie claire correspondant à un sommet.

La hauteur de ces ondulations, séparées par des intervalles variables de 20 mm à 40 mm, mais groupées en famille où cet intervalle reste sensiblement constant, sont de l'ordre du 1/10 de millimètre, atteignant parfois 2/10 ou 3/10 de millimètre.

Il existe donc là des montagnes russes minuscules que les trains ont à franchir. Cette situation crée, pour le matériel et pour la voie, des inconvénients que l'on aperçoit facilement. Elle n'avait pas échappé à l'observation des agents d'entretien, qui la caractérisent en disant que « le roulement y est dur ». Elle n'est pas davantage sans présenter quelque ennui pour les voyageurs par le bruit intense, sorte de ronflement (*), qu'occasionne le passage du train ; aussi ces rails, connus depuis longtemps, ont-ils été appelés « rails ronflants ». Il s'attache donc un véritable intérêt pratique à l'étude du phénomène qui nous occupe.

Cette question a d'ailleurs attiré l'attention de beaucoup d'ingénieurs, et M. Wilkinson⁽²⁾, ingénieur à la Compagnie du Bengal and North Western Railway, dit, qu'après avoir fait analyser le métal, la production du phénomène lui semble attribuable à la grande dureté de l'acier. Suivant lui, cette propriété provoque des vibrations intenses et anormales du rail, dont l'amplitude se trouve augmentée par la nature particulière du ballast. Ces vibrations provoqueraient des nœuds sur la table de roulement, dans les parties en contact avec les roues, et ces nœuds ne subiraient pas d'usure sensible.

M. G. Moyle⁽³⁾ s'est également occupé des rails ronflants et M. Perroud⁽⁴⁾, ingénieur à la Compagnie du Nord, a publié sur le sujet un article intitulé : « Note sur le défaut de nivellement parfait de la surface de roulement de certains rails et les inconvénients qui en résultent ». Malgré toutes ces études, la question de l'origine de ces taches n'est pas éclaircie : la théorie émise par M. Wilkinson n'est pas très nette et M. Perroud se borne à constater l'existence préalable de dénivellations sur les rails neufs, dénivellations qu'il pense pouvoir attribuer aux vibrations de la barre à la sortie du laminage.

Il n'est pas contestable, en effet, que des rails neufs, avant leur pose, possèdent, sur la surface du champignon, des dénivellations sensibles ; d'ailleurs les ménisques brillants apparaissent dès les

premiers jours de la mise en service, suivant le mécanisme que M. Perroud a décrit dans son article.

On expliquerait difficilement cette formation si rapide des taches si l'on n'admettait pas que leurs conditions d'apparition préexistent sur le rail avant sa mise dans la voie. Nous avons donc affaire à un accident de fabrication. Ce point acquis, quel est le mode de production et de formation de ces dénivellations ? C'est l'objet de la présente note que d'apporter une contribution à cette étude en en tirant les conséquences pratiques qui s'en dégagent.

Les aspérités en question nous paraissent dues, et nous pensons pouvoir le démontrer, aux perturbations qui se produisent à tout instant au laminage, pendant la marche des cylindres, quand ces perturbations sont consécutives à l'existence d'une température suffisante de la barre pour rendre le milieu métallique apte à propager un train d'ondes. Or, cette dernière condition est souvent remplie, car on sait que la température est encore très élevée au moment de la dernière passe et personne n'ignore combien les usines ont une tendance très fâcheuse à laminer le plus chaud possible. D'ailleurs le phénomène qui nous occupe n'est apparu que depuis l'époque où les conditions du travail métallurgique ont permis de hautes températures au laminage. Il ne s'observe pas sur les rails en fer et les premiers rails en acier.

D'autre part, les perturbations incessantes dans la marche des cylindres, dont nous venons de parler, sont des différences brusques et instantanées entre la vitesse de sortie du rail et celle du cylindre. Ces différences, qui peuvent changer de signes, provoquent, à chaque instant, par exemple dans le cas d'un excès de vitesse du cylindre par rapport au rail, un appel, une aspiration du métal en arrière, occasionnant une dépression, et un refoulement consécutif, de la masse en avant. L'effet (*) se traduit par une onde qui se propage dans le milieu élastique rendu favorable à cette propagation par sa température élevée. Une impulsion retardatrice du cylindre, au contraire, produit une retenue du métal en arrière avec dépression en avant. Il en résulte encore une onde qui se propage de la même façon, mais avec un retard d'une demi-période.

Il se formera ainsi toute une suite d'ondes d'amplitudes et de longueurs variables, se succédant à des intervalles également variables, pouvant être périodiques dans le temps et en intensité, comme les perturbations de marche du cylindre. Parmi toutes ces ondes, il pourra s'en trouver qui interféreront et fourniront ainsi l'occasion de plages où aucun phénomène visible ne se manifestera. Par ailleurs, l'interférence sera incomplète et un certain trouble pourra se produire dans leur répartition. Aucune loi ne se traduira alors à la surface du métal qui, de la distribution des ondes, a conservé la trace par figement.

En raison de la répartition variable de la température donnant lieu à des différences de propriétés élastiques des différents points du milieu propagateur, l'onde ne peut être sphérique ; elle sera en retard, notamment, sur les bords du champignon où le refroidissement a été plus rapide. Ce retard se manifestera dans

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 4 (Avril 1911), p. 205.

(2) Ce ronflement est insensible pour une vitesse inférieure à 40 km à l'heure, sensible pour une vitesse de 70 km à 80 km à l'heure et très accusé pour une vitesse supérieure à 100 km à l'heure. — Cf. l'article cité plus loin de M. Perroud.

(3) *Engineer*, 24 décembre 1904.

(4) *Bulletin du Congrès international des Chemins de fer* (déc. 1906).

(5) *Revue Générale des Chemins de fer* (août 1907).

(1) Effet analogue à celui qui se produit dans un canal, à la surface libre du fluide, pendant la période d'ouverture ou de fermeture d'une vanne dont la manœuvre est irrégulière, c'est-à-dire faite par à-coup.

la forme de la surface de l'onde qui prendra l'aspect d'une surface parabolique sur la table de roulement.

Enfin, les mouvements moléculaires qui se produisent dans la masse métallique, suivant le mode décrit, déterminent, dans les ventres de vibrations en particulier, une altération du milieu en ces points qui, devenant des centres d'activité, voient leur température s'élever par rapport à celle des points voisins. Mais cette chaleur est vite dissipée par conduction. Il résulte alors de ce refroidissement rapide une sorte de trempe du métal dans les ventres, caractérisée par une augmentation de la dureté et de la résistance à l'usure.

Si le mode de production du phénomène dont il s'agit, avec ses caractéristiques très particulières, ne constitue pas une explication a priori mais correspond à une objectivité, à une réalité, on doit pouvoir, par l'observation des effets mêmes du phénomène, retrouver, pour ainsi dire, sur les rails en cause, l'enregistrement de toutes les circonstances qui ont été décrites. C'est ce que nous allons étudier maintenant.

La formation des aspérités par des trains d'ondes, capables ou non d'interférer, se révélera nécessairement par les distances périodiques séparant les sommets des taches brillantes consécutives. Les taches seront groupées par famille, provenant chacune d'une perturbation particulière caractérisée par sa longueur d'onde égale à la distance comprise entre deux taches quelconques du groupement. Quant aux interférences, elles se signaleront par des plages où aucune manifestation ne sera visible et dont l'étendue sera un multiple quelconque de la longueur d'onde. Tous ces caractères se retrouvent à l'inspection du tableau I relatif à une série d'observations faites sur des rails en acier de 8 m à double champignons symétriques de 38 kg 750, usinés en 1884. Les petites discordances existant dans le tableau, proviennent des moyens grossiers dont on disposait pour les mensurations et de la difficulté de celles-ci. Le tableau n'a d'ailleurs pour objet que de justifier l'explication qui a été donnée, et ce à quoi il réussit. On n'a pas cru devoir l'étendre davantage, car les résultats provenant d'autres séries de mesures n'auraient fait que reproduire ceux déjà mentionnés.

C'est donc bien un phénomène dont la nature vibratoire nous est ainsi révélée qui fait l'objet de notre étude. Enfin, la forme même des taches brillantes, qui affecte celle d'un croissant de lune ou d'un ménisque, est bien caractéristique à cet égard et constitue une véritable illustration de ce que nous avons dit plus haut à ce sujet.

Quant à la trempe qui résulterait d'une surélévation de température aux ventres, suivie d'un refroidissement rapide, elle se trouve confirmée par les expériences de M. Perroud. Cet ingénieur, en faisant raboter un rail taché sur 1^m,50, aurait constaté une augmentation très sensible de la dureté dans les parties correspondant aux ménisques brillants. C'est ce dernier fait qui permettrait aux aspérités de se conserver et d'apparaître sous forme de taches claires dès les premiers jours, ce qu'une autre théorie permettrait bien difficilement d'expliquer. Il convient d'ajouter, toutefois, qu'un examen métallographique du métal, fait par les soins de la compagnie de l'Ouest, n'a permis de relever aucune altération de la masse en ces points. Mais une trempe légère, comme celle dont il s'agit, n'a pas dû modifier tellement l'agencement moléculaire qu'un essai métallographique ait dû nécessairement le mettre en évidence.

Quoi qu'il en soit, la théorie des ménisques brillants que présentent beaucoup de rails, telle qu'elle vient d'être exposée, rend compte de toutes les observations qu'il est loisible de faire sur la distribution et la forme de ces taches, et sur l'altération subie aux points correspondants par le métal.

Mais une théorie ne trouve sa justification que dans son utilité. Au point de vue spécial des conditions de recette des rails, quel est donc l'enseignement qu'on en doit tirer? Il est bien évident, d'après ce que l'on a déjà dit, qu'il y a intérêt à exiger des usines

TABLEAU I. — MESURES ET OBSERVATIONS FAITES SUR LA RÉPARTITION DE MÉNISQUES BRILLANTS A LA SURFACE DE ROULEMENT DES RAILS EN ACIER (acier à R = 70 kg, et A = 10 ‰).

N° du rail	POSITION des ménisques comptée à partir d'une origine fixe	INTER-VALLE séparant les ménisques	DÉCOMPOSITION de cet intervalle en multiples de)	LONGUEUR d'onde)	OBSERVATIONS
1	70				
	140	70	40 × 2	40	
	180	40	40 × 1		
	220	40	40 × 1		
	260	40	40 × 1		
	300	40	40 × 1		
	380	80	40 × 2		
	420	40	40 × 1		
	470	50	40 × 1		
	520	50	50 × 1		
	560	40	40 × 1		
	600	40	40 × 1		
	640	40	40 × 1		
	690	50	40 × 1		
	730	40	40 × 1		
	760	30	40 × 1		
	800	40	40 × 1		
	840	40	40 × 1		
	880	40	40 × 1		
	950	70	40 × 2		
	1000	50	40 × 1		
	"				
	30				
	60	30	30 × 1	30	
	90	30			
	120	30			
	150	30			
	180	30			
	210	30			
	240	30			
	270	30			
	300	30			
	"				
	50				
	75	25	25 × 1	25	
	100	25	25 × 1		
	125	25	25 × 1		
	150	25	25 × 1		
	175	25	25 × 1		
2	50				
	110	60	20 × 3	20	
	150	40	20 × 2		
	180	30	20 × 1		
	240	60	20 × 3		
	280	40	20 × 2		
	350	70	20 × 3		
	400	50	20 × 2		
	450	50	20 × 2		
	530	80	20 × 4		
	560	30	20 × 1		
	710	50	20 × 3		
	780	70	20 × 3		
3	100				
	135	35	30 × 1	30	
	190	55	30 × 2		
	225	35	30 × 1		
	260	35	30 × 1		
	325	65	30 × 2		
	380	55	30 × 2		
	410	30	30 × 1		
	465	55	30 × 2		
	615	50	30 × 2		
	670	55	30 × 2		
	700	30	30 × 1		
	740	40	30 × 1		
	800	60	30 × 2		
	830	30	30 × 1		
	890	60	30 × 2		

des rails exempts de l'accident de fabrication qui nous occupe.

Il semble cependant difficile de demander aux agents récepteurs qu'ils soumettent les rails à un examen particulier dans le but d'éliminer ceux qui seraient affectés de l'accident en question.

Mais, comme on sait que la production d'ondes n'est possible que lorsque la fluidité du métal est suffisante pour créer une élasticité favorable à leur propagation, on trouve naturellement là un moyen, non pas de contrôle, mais d'action sur les

usines, en fixant, dans les cahiers des charges (en dehors d'autres considérations qui militeraient également en faveur de cette exigence), une limite supérieure de la température des barres au moment de la dernière passe, et c'est bien là, semble-t-il, après l'étude que nous venons de faire, le seul moyen dont on dispose pour éviter l'accident que nous avons cru devoir signaler.

L. POTIN,

Attaché aux Chemins de fer de l'Etat.

MINES

LA DISTRIBUTION ET LES MOUVEMENTS SECONDAIRES DANS LES PERFORATRICES ET MARTEAUX PNEUMATIQUES

1) La distribution est le point le plus original des outils perforateurs à percussion, celui par lequel ils se différencient le plus les uns des autres, et celui sur lequel s'est le plus exercée l'ingéniosité des constructeurs. La première tentative de classification rationnelle qui sorte de la monographie pure des mécanismes est due à MM. Kuss et Fèvre (*Traité de l'exploitation des mines*); depuis lors, les marteaux, et plus, récemment, les perforatrices électro-pneumatiques sont venus soit réaliser, sous formes nouvelles, des types anciennement connus, soit créer des types entièrement nouveaux. Le présent article est, dans une certaine mesure, une mise au point de cette classification avec l'examen des questions nouvelles posées par l'apparition des marteaux lourds et des perforatrices légères à battage rapide.

2) On sait la différence essentielle qui sépare les marteaux des perforatrices. Les premiers comprennent, en somme, un fleuret et une massette comme dans le travail à main, le fleuret n'ayant d'autre mouvement que sa pénétration lente dans la roche; la massette est ici constituée par le piston sans tige d'un moteur à air comprimé. La course avant de ce percuteur est arrêtée par son choc soit directement contre l'embase du fleuret, soit — comme on le pratique fréquemment en Amérique — contre une tête de choc, servant d'intermédiaire entre le percuteur et le fleuret; en tout cas, la fin de la course avant est géométriquement définie: c'est là une des conditions essentielles de la distribution.

La perforatrice, au contraire, c'est la barre à mine. Le fleuret emmanché sur le piston suit son mouvement, et la course avant n'est limitée que par le choc du taillant contre le fond du trou; la course du piston dépend donc de la position relative du cylindre et du fond du trou; et comme, suivant la dureté de la roche, un même outil peut être appelé à battre à grands coups brutaux ou à petits coups faibles, il faut que le mécanisme se plie à des variations de course qui peuvent aller du simple au décuple.

3) En plus de cette différence de principe, la rapidité de battage varie notablement des marteaux aux perforatrices. Tandis que les grosses bosseyeuses battent de 100 à 150 coups à la minute, les marteaux légers dépassent parfois 1 500 coups; entre ces deux extrêmes, il y a toute une zone commune aux deux systèmes, celle des battages à 500 ou 600 coups, que l'on rencontre aussi bien avec les perforatrices légères qu'avec les marteaux lourds. La concurrence est fort vive aujourd'hui entre ces types peu différents comme poids, rapidité de battage et conditions d'emploi; l'inconvénient spécifique des grosses perforatrices disparaît avec ces types légers, c'est-à-dire l'impuissance à se

plier à toutes les orientations exigées d'un trou de mine; et, d'autre part, le marteau, devenu trop lourd pour pouvoir être soutenu autrement que par un affût-colonne, se rapproche au point de vue de ses conditions d'emploi, d'une véritable perforatrice.

Le tableau suivant résume les données courantes :

Battages à la minute.	{ 200 } { 250 }	{ 300 } { 360 }	{ 500 } { 650 }	{ 600 } { 900 }	{ 1 100 } { 1 200 }	{ 1 320 } { 1 560 }
Poids en kg.	420	200	{ 316 } { 80 }	50	32	30 7,5 9

CHAPITRE I. — La distribution.

4) Il importe avant tout de remarquer que, quel que soit le mécanisme de distribution employé, il ne crée pas la rapidité du battage, il la subit et la supporte plus ou moins heureusement; le véritable facteur de la rapidité de battage, c'est le piston lui-même, et, à cet égard, les différences sont importantes entre les marteaux et les perforatrices.

Une grosse bosseyeuse dont les sections offertes à l'air comprimé sont respectivement 38,5 cm² et 18,8 cm², dont la masse percutante, fleuret compris, est de 32 kg, aurait, comme il est aisé de s'en assurer par un simple calcul de mouvement à accélération constante, des durées de battage de 11 et 15 centièmes de seconde pour l'aller et le retour, la course étant supposée de 25 cm et la pression de l'air de 3 kg 5 effectifs à la chapelle de la perforatrice. Au lieu des 230 coups à la minute qui correspondraient à cette durée, la vitesse de battage effective ne dépasse pas 150 coups. L'influence des temps perdus, au choc en fin de course motrice, à l'amortissement en fin de retour, les frottements du fleuret contre les parois du trou suffisent donc pour faire tomber de près de un tiers la fréquence du battage.

A l'opposé, pour les marteaux, dont la course est souvent plus réduite, et dont, en tout cas, la masse percutante est notablement plus faible, puisqu'elle ne comporte pas le fleuret, la difficulté réside plutôt dans la rapidité excessive du battage. Les premiers marteaux, qui n'étaient guère que des burineuses transplantées dans un nouveau domaine, n'avaient que 2 cm ou 3 cm de course et ne faisaient guère que trépidier sur place; l'effet pénétrant était minime. Le minimum consacré par quelques années de pratique paraît être de 5 cm à 6 cm; la course atteint 25 cm dans certains types de marteaux lourds :

Poids du percuteur . . .	1,3	1,4	1,2	1,15	1,15	0,6	0,475 kg.
Course . . .	10,2	6,35	5,8	8,2	5,7	25,4	12 cm.

L'absence de frottement contre la roche du fleuret immobile fait disparaître une cause importante de divergence entre la vitesse calculée et la vitesse réelle. Mais, il subsiste les temps perdus, au choc en fin d'aller, au relancé en fin de retour. Les Valveless donnent par exemple :

	MA 12	MB 12	MC 22
Pression de 4 kg. . . .	1 320	1 020	990
— de 7 kg.	1 560	1 270	1 120

Or, s'il n'y avait pas de temps perdus en fins de course, les durées seraient inversement proportionnelles à la racine carrée des accélérations; autrement dit, le nombre de coups par minute serait proportionnel à la racine carrée de la pression; il est loin d'en être ainsi. Le tableau suivant donne les valeurs du quotient du nombre de coups par la racine de la pression :

	MA 12	MB 12	MC 22	
Pression de 4 kg. 2. . . .	737,8	570,2	553,4	Coups à la minute par atm.
— de 7 kg.	636,8	518,5	457,2	

Ce tableau montre qu'il faut plus que quadrupler la pression pour doubler la rapidité de battage. Et l'on s'explique aisément cette influence; les temps perdus, notamment au choc, doivent peu dépendre de la pression; ils doivent donc avoir une importance retardatrice d'autant plus grande que le battage est plus rapide.

5) Mais il y a pour les marteaux une cause spéciale qui agit en sens inverse, c'est le rebondissement en fin de course motrice du percuteur sur le fleuret ou la tête de choc, en tout cas sur une pièce métallique. Que cet effet soit notable, c'est ce dont l'exemple suivant ne permet pas de douter. Si, dans le Valveless MA12, le retour ne s'effectuait que sous l'action de l'air comprimé, le calcul ordinaire du mouvement uniformément accéléré donnerait un temps de battage de 52" à 4 kg 2 et de 38" à 7 kg, soit des fréquences de 1 153 et de 1 632 coups à la minute, alors que les battages réels sont de 1 320 et 1 580 coups. Le rebondissement fait donc gagner, parfois même au delà, le temps perdu en fin de course.

Bien entendu, on ne gagne rien à cet effet de rebondissement au point de vue de la puissance de l'outil, toute l'énergie de rebondissement venant en déduction de la force vive communiquée en définitive au fleuret; la rapidité plus grande du retour après choc est achetée au prix d'une consommation plus grande d'air comprimé pendant la période motrice.

Il est enfin à remarquer, d'après les chiffres précédents, que la part de rebondissement est d'autant plus forte que la pression est moins élevée; c'est une des raisons nombreuses et mal élucidées jusqu'à présent pour lesquelles les marteaux de faible poids ne fonctionnent bien qu'aux pressions élevées; aux faibles pressions, le marteau « joue à la balle » sur la tête de choc; sa rapidité de battage est maximum, mais sa force destructrice est diminuée.

6) C'est, en somme, en agissant sur la course L et le poids P du percuteur que l'on modifie le plus la rapidité de battage de l'outil; et l'on voit, en se reportant aux tableaux précédents, que l'on se meut en pratique dans de larges limites; certains outils très légers, sont de véritables balles lancées dans un canon de fusil, les autres, relativement lourds, n'ont que quelques centimètres de course. Or, pour des valeurs données des sections de piston et de la pression de l'air moteur, la durée de battage est proportionnelle à $\sqrt{PL}$ et le travail moteur, pendant un coup, proportionnel à L ; la puissance est donc proportionnelle à $\sqrt{\frac{L}{P}}$.

C'est pourquoi les types récents de marteaux lourds dans lesquels on a essayé d'augmenter la puissance, comme le Gordon ou le Bornet, s'écartent beaucoup de la forme burineuse (percuteur

relativement lourd et à faible course) qui, dans l'espèce, est certainement moins rationnelle.

DISTRIBUTION SANS TIROIR. — 7) L'idée de demander au piston d'être à lui-même son propre tiroir avait peu tenté les constructeurs jusqu'à l'apparition des marteaux. Les quelques types de perforatrices sans tiroir s'inspirent presque tous de la même idée (fig. 1) : admission fixe et permanente (a) d'air comprimé sur la face avant (AV), admission périodique sur la face arrière (AR), obtenue en faisant démasquer, par le piston lui-même, des canaux de communication c pratiqués dans la paroi du cylindre ou des évidements jouant le même rôle; émission périodique de l'air de la chambre arrière en fin de course, grâce au démasquement, par le piston, d'une lumière d'échappement e .

Sous quelque forme que l'on réalise ce programme, la poussée en avant du piston n'est obtenue que par la pression sur la surface s du porte-fleuret et non sur la surface S du piston, comme dans les autres perforatrices. A égalité d'encombrement, la perforatrice auto-distributrice est donc plus faible que la perforatrice ordinaire à tiroir.

Mais la principale raison de faiblesse n'est pas là. L'auto-distribution entraîne évidemment, pour la période de retour, une admission anticipée égale à l'admission dans la phase motrice; le système, pour être moteur, impose donc l'emploi de la détente à laquelle correspond, dans la phase de retour, une compression équivalente de l'air d'échappement. C'est à cette double particularité visible sur le diagramme représenté par la figure 2 qu'est dû l'affaiblissement de ces outils par rapport aux perforatrices ordinaires qui, aux laminages près, marchent sans détente ni compression.

Par contre, l'utilisation de l'air est meilleure. Il faut remarquer, notamment, qu'il n'y a pas de consommation d'air lors de la période de retour. L'air qui, dans la marche régressive du piston, afflue dans la chambre AV (fig. 1) sera transvasé sur la face AR dans la poussée suivante, et, par suite, utilisé avant son expulsion.

Quant à l'adaptation à des courses variables, si utile pour les perforatrices, elle est ici, sinon impossible, du moins très désavantageuse, puisque tout prolongement de la course au delà du point d'échappement pour AR, se traduit par l'apparition d'une résistance due à l'air comprimé lui-même; c'est là un des inconvénients spécifiques du système.

8) Il est assez curieux de remarquer que, contrairement à ce qui s'est passé pour les perforatrices, le principe de l'admission permanente sur la face avant est devenu la règle pour toute une catégorie de marteaux de faible puissance. La raison en est double; d'une part, la fixité de la course du percuteur supprime l'inconvénient spécifique des courses trop longues; d'autre part, le rebondissement, en facilitant le mouvement de retour, permet de réduire la surface annulaire Ss . Dans le Valveless MC 22, relativement lourd et à longue course, les diamètres de piston sont respectivement 300 mm et 435 mm, de sorte que le rapport $\frac{S}{s}$ est

comparable encore à celui que donneraient des perforatrices; mais, dans les types légers, surtout dans ceux à faible course, où la part de rebondissement devient prédominante, le rapport des sections tombe au-dessous de 1,4; le piston prend la forme caractéristique d'un obus cylindrique à tête plate terminé au culot par une partie légèrement renforcée.

9) L'adaptation du piston-tiroir à des outils battant 1 000 coups ou 1 500 coups à la minute ne s'est pas faite sans difficultés et

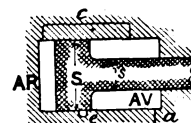


FIG. 1.

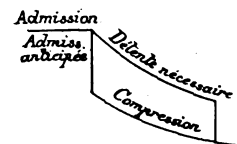


FIG. 2. — Diagramme pression-volume sur la face motrice.

quelques-unes d'entre elles ne sont pas encore vaincues. La plus sérieuse, qui est un obstacle fréquent à l'extension de l'emploi des petits marteaux, c'est leur faiblesse et la nécessité des hautes pressions d'air; 5 kg est fréquemment un minimum et les bonnes marches n'ont lieu qu'à 6 kg ou 7 kg. L'admission par la face avant a l'avantage d'être simple de construction, mais ce n'en est pas moins une bizarrerie d'admettre l'air sur une face du piston pour le transporter ensuite sur l'autre face; les laminages prennent une importance considérable et la puissance de l'outil s'en ressent.

10) Dans le Valveless d'Ingersoll (fig. 3), le canal de communication entre les deux faces *c* sert aussi, en fin de course avant, à l'évacuation de l'air vers l'avant de l'outil. En raison de ce double rôle, le canal *c* débouche, non dans la chambre AV du cylindre, mais dans une chambre spéciale L, en avant de celle-ci. Tout revient donc à commander, par le piston, la vidange et le remplissage alternatifs de L, ce qui se fait à l'aide d'évidements *e* pratiqués dans le prolongement du piston et assurant la communication de L, tantôt avec la face AV où débouche l'admission permanente *a*, tantôt avec la boîte d'emmanchement librement ouverte à l'atmosphère. C'est, en somme, un tiroir en tandem sur un piston et faisant corps avec lui.

L'outillage est simple, le percuteur plein est robuste; le seul point délicat, commun d'ailleurs à tous les outils de ce genre, c'est la nécessité d'un ajustage parfait entre cylindre et piston; le moindre jeu, par usure, donne des frappes irrégulières et des diminutions notables de rendement.

Le parcours de l'air, obligé de passer d'abord dans la chambre L, puis de s'engager dans un cul-de-sac, pour revenir à L avant échappement, n'est pas très heureux; on

lui doit certainement bien des laminages et des pertes de rendement volumétrique. Enfin, que les canaux, chambres et évidements qui s'emplissent et se désemploient sans profit et représentent une fraction non négligeable de la cylindrée contribuent à affaiblir le rendement volumétrique, c'est ce dont la croissance du débit avec la pression ne permet pas de douter. Voici, par exemple, les consommations d'un Valveless à l'état neuf :

PRESSION	BATTAGE	CONSUMMATION à la minute (air atmosphérique)	CONSUMMATION par coup (à la pression d'admission)
4 kg. 2	1 320	350 l.	6,3 cl.
7 kg.	1 560	775 l.	7 cl.

Le passage des pressions moyennes aux fortes pressions, tout indiqué qu'il soit pour la bonne utilisation de l'outil, a donc l'inconvénient de faire baisser de 10 % à 12 % le rendement volumétrique.

11) Le marteau François (fig. 4) est un des types les plus nets de piston-tiroir, avec la forme évidée de son percuteur, ses lumières

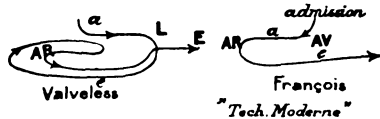
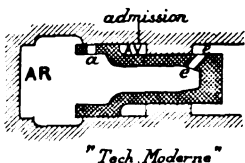


FIG. 4. — Marteau François. FIG. 5. — Schéma des parcours de l'air.

d'admission *a* à l'arrière, celles d'émission *e* à l'avant. Tout le jeu bien connu de cet appareil réside dans le masquage et le démasquage alternatifs de ces deux lumières passant soit devant des renforts, soit devant des évidements du cylindre. Le parcours de l'air (fig. 5) est plus simple que dans l'Ingersoll, réduit même au maximum de simplicité compatible avec l'admission

permanente sur la face avant. Par contre, tout l'intérieur du cylindre se remplit et se vide sans profit à chaque battage, et le rendement volumétrique en souffre. Enfin, la fragilité du percuteur creux est un inconvénient pratique assez sérieux.

12) Le principe, généralement admis par les constructeurs, de l'admission permanente sur la face avant, n'est pas indispensable

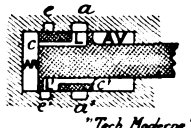


FIG. 6. — Marteau Frölich. — Auto-distribution avec admission intermittente à l'avant.

à l'auto-distribution; et de fait, il existe, pour les marteaux, aussi bien que pour les perforatrices, quelques exemples d'admission intermittente.

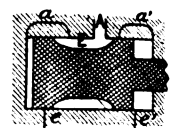


FIG. 7. — Auto-distribution symétrique.

Dans la Meyer 11, par exemple, ou dans le marteau Frölich (fig. 6), le piston peut, par deux lumières L et L' et deux canaux *c* et *c'*, conduire l'air des admissions *a* et *a'* sur l'une ou l'autre face, ou inversement les mettre à l'échappement *ee'*. Le jeu des pressions sur la face AV n'est obtenu que par l'intermédiaire de *c'*, dont la lumière va et vient entre *a'* et *e'*, tandis que, pour la force motrice, le canal *c* ne commande que l'admission, l'échappement *e* se faisant par le démasquage direct par le piston.

Toute dissymétrie de distribution disparaît dans les perforateurs de la Ruhrtaler Fabrik ou dans les frappeurs Kotten. L'admission centrale A (fig. 7) distribue l'air comprimé, alternativement sur une face ou sur l'autre, par le masquage et le démasquage de canaux *a* et *a'* débouchant dans un évidement E du tiroir; les échappements *e* et *e'* sont directement obstrués ou dégagés par le corps du piston.

Il va de soi que les inconvénients d'admission et de fermeture d'échappement anticipées restent les mêmes que pour les outils à admission permanente.

SEMI-DISTRIBUTION. — 13) Une solution mixte, limitée aux marteaux à marche rapide, consiste en ce qu'on pourrait appeler la semi-distribution. Dans cette formule, le piston se charge

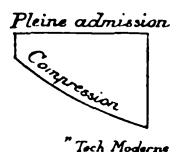


FIG. 8.

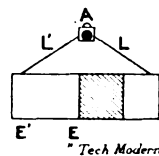


FIG. 9.

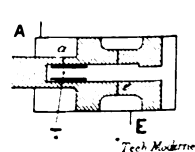


FIG. 10.

lui-même de pourvoir à son échappement, mais un mécanisme distinct répartit alternativement l'air sur l'une et l'autre des deux faces. Le jeu de ce répartisseur est analogue à celui de la valve d'un pulsomètre; la bille du « Flottmann » ou le double cône de la « Montania » n'en sont, en somme, que la réédition.

En ce qui concerne l'échappement, le piston est donc auto-distributeur. Arrivé au point voulu de sa course, il démasque un échappement direct à l'atmosphère; conséquemment, il y aura au retour fermeture anticipée de l'échappement et contre-pression; mais, à l'inverse des mécanismes complètement auto-distributeurs, on n'a aucun assujettissement relatif à l'admission anticipée; on peut donc se passer de la détente et il ne subsiste, en définitive, que l'une des deux causes de réduction du diagramme (fig. 8).

Fréquemment, afin d'éviter les inconvénients de la contre-pression qu'entraînerait, sur la face AV, la fermeture prématurée de l'orifice d'échappement E, un deuxième échappement E' existe vers le fond de cylindre. L'in-

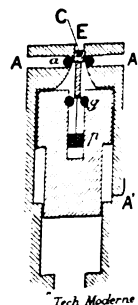


FIG. 11. — Marteau de l'Hudson Machine Co.

convénient d'une communication directe, au début de la course de retour, entre l'admission et l'échappement E', est minime à cause des laminages (fig. 9, p. 348).

14) On peut aussi ranger parmi les semi-distributions certains dispositifs originaux qui n'ont reçu que des applications isolées.

Le frappeur Albree qui, par la forme différentielle de son piston et son admission constante A sur la face avant, rappelle les outils auto-distributeurs, s'en écarte par l'existence d'un tiroir qui atténue les inconvénients de l'admission et de la compression anticipées. C'est un simple bout de tube T, mobile dans l'axe du piston, et obstruant, suivant sa position, soit le canal d'admission a, soit celui d'émission e. Les chocs en fin de course déplacent ce tube par inertie.

Le marteau de l'Hudson Machine Co (fig. 11, p. 348) s'écarte encore plus des types habituels. Il possède aussi des mécanismes autodistributeurs, le piston différentiel et l'admission constante A' sur la face avant; c'est dans l'admission A et l'échappement E à l'arrière que se placent les parties originales. Un clapet conique d'échappement C solidaire d'un pistonnet p mobile, à frottement doux dans l'âme du percuteur, reçoit directement son mouvement d'ouverture ou de fermeture par la butée de deux goupilles g, soit sur le pistonnet (ouverture), soit sur la tige du clapet lui-même (fermeture); le mouvement de ce clapet entraîne celui de billes a qui, inversement, obturent ou débouchent les canaux d'admission.

DISTRIBUTION PAR TIROIR SYMÉTRIQUE. — 15) Malgré la complication plus grande qui en résulte, la distribution par tiroir, d'emploi quasi-exclusif pour les perforatrices, conserve les préférences des constructeurs pour les marteaux lourds, et même des types récents de marteaux légers en sont munis. L'admission est beaucoup plus régulière, et la pression n'a plus besoin d'être aussi forte pour assurer un bon fonctionnement; 4 kg est, pour beaucoup de ces outils, une bonne

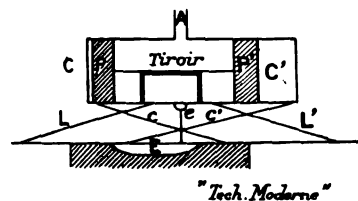


Fig. 12. — Schéma des perforatrices système Schram, Mahler, etc. Inversion préparée et blocage en fin de course.

moyenne, et les minima tombent souvent à 3 kg, même à 2 kg 5.

16) Le type le plus répandu est celui d'un tiroir battant, à coquille ou à piston, de forme symétrique, qui, par suite, n'a de lui-même aucune position de prédilection. Son mouvement de battage est obtenu par deux pistonnets P P' qui se déplacent dans deux chambres C C' où règnent des pressions variables et qui font du tiroir un véritable aéromoteur. Le battage de 200 à 400 coups à la minute, comme dans la plupart des perforatrices, n'offre pas de difficultés sérieuses de réalisation, et multiples sont les types qui les résolvent d'une façon satisfaisante.

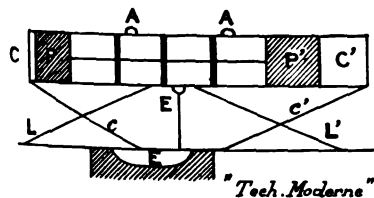


Fig. 13. — Distribution système Broszmann, figure très schématique. Chambres du tiroir normalement à l'atmosphère.

17) Très souvent, au moins dans les perforatrices⁽¹⁾, les deux chambres du tiroir C et C' sont mises simplement l'une à l'at-

(1) Afin de rendre immédiate la lecture des schémas de distribution, une notation commune a été adoptée : PP', pistonnets de tiroir; CC', chambres extrêmes du tiroir; DD', chambres internes dans les tiroirs différentiels; AA', admission à la chapelle du tiroir; LL', lumières d'admission et d'émission pour les deux faces du frappeur; cc', canaux de communication des chambres du tiroir avec le cylindre; pp', canaux pratiqués dans les pistonnets de tiroir; ee', canaux de communication du cylindre avec l'échappement; E ou V, évidement du piston frappeur, jouant le rôle de tiroir pour le tiroir.

mosphère, l'autre à la pleine pression par le jeu même du piston porte-outil qui devient le tiroir du tiroir. La distribution que représente la figure 12 conviendrait, sauf quelques détails de construction, à un grand nombre de perforatrices, notamment allemandes; les chambres des pistonnets n'ont de communication

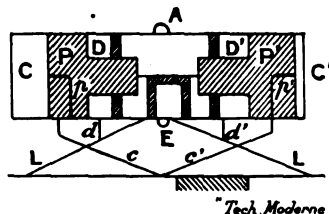


Fig. 14. — Distribution, système Frölich : Remplissage et vidange des chambres de tiroir par le cylindre; action de l'air par bouffées.

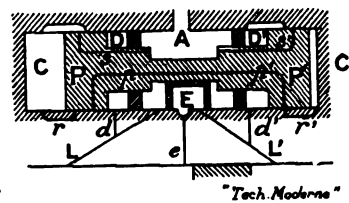


Fig. 15. — Distribution, système Korfmann : Tiroir à pistons différentiels, remplissage direct des chambres (s s') vidange indirecte par le cylindre et l'échappement e E; action de l'air par bouffées.

qu'avec le cylindre principal par les conduits c et c'; pour assurer l'admission ou l'émission de l'air par ces conduits, le piston porte un évidement E en permanence à la pression atmosphérique, grâce à sa communication intermittente avec l'échappement e; les conduits dont il vient d'être question, sont alternativement mis en relation avec cet évidement; il suffit pour cela que la longueur occupée par l'évidement sur le corps du piston soit égale à la distance qui sépare sur les parois du cylindre l'insertion de c et de c'. Quant à la mise à l'admission, elle se fait par le démasquement de ces insertions par le piston lui-même.

Ainsi, il n'y a jamais à l'atmosphère que l'un des deux conduits, c' par exemple; la vidange de la chambre correspondante du tiroir C se fait graduellement, et le tiroir est prêt pour le déplacement dès que, par suite de l'avancée du frappeur, la lumière c est dégagée et permet l'afflux d'air dans la chambre opposée C'. Il faut noter cette vidange d'une chambre avant remplissage de l'autre, qui évite les pertes de temps à l'inversion du tiroir.

18) Une simple intervention dans les commandes peut modifier le mécanisme de la distribution; dans la distribution Broszmann, par exemple, les deux chambres opposées sont normalement à l'atmosphère; l'inversion du tiroir ne peut se produire que quand l'un des conduits (c dans la figure 13) est démasqué par le piston et reçoit l'afflux d'air comprimé, l'autre restant, par l'évidement du frappeur E, en relation avec l'atmosphère. Mais, dès que le tiroir, obéissant à cette impulsion, a subi son inversion, la chambre C, qui est en communication directe avec la face L du piston, se vide et le tiroir se trouve donc prêt pour une nouvelle inversion.

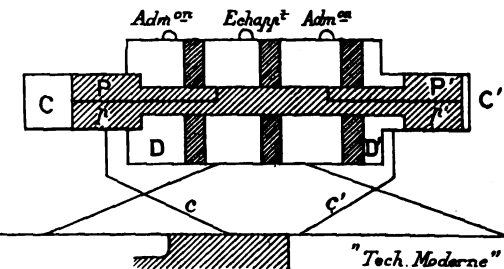


Fig. 16. — Distribution, système Dinsburger : Admission et émission directes pour CC' par pp', indirectes pour DD' par cc'.

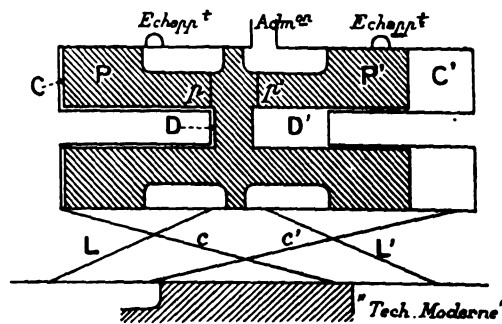


Fig. 17. — Distribution, système Meyer : Admission et émission directes pour DD' par pp', indirectes pour CC' par cc'.

19) On retrouve dans d'autres perforatrices allemandes cette idée de faire agir l'air par bouffées, mais sous des formes plus compliquées et sans avantages spéciaux, sauf une légère économie dans la consommation d'air nécessaire à la distribution (fig. 14, 15, 16 et 17, p. 349). Les pistons P et P' sont différentiels; ils jouent dans les chambres ordinaires CC' et, en plus, dans deux chambres internes DD'. Grâce aux dérivationes d et d' , les pressions en D et D' sont les mêmes que sur les faces, du même côté du piston. Des canaux pp' , pratiqués à l'intérieur des pistonnets, assurent, pour une position convenable du tiroir, la communication des chambres CC' avec les canaux ordinaires cc' . La brièveté de la communication entre les canaux cc' et pp' ne permet que l'entrée d'une bouffée d'air, interrompue sitôt que le déplacement du tiroir commence; la détente de l'air, ainsi admis, peut donc seule amener la fin du déplacement, et c'est pourquoi les pistons différentiels sont nécessaires, puisque cet air, qui se détend dans la chambre en expansion C', doit vaincre la contre-pression de l'air qui se comprime dans la chambre opposée C et qui ne peut s'échapper qu'à

fond de course, une fois ouverte la communication entre p et c.

On voit combien de variantes les constructeurs ont imaginé sur le thème commun. Le tiroir n'a aucune position de préférence; il est toujours commandé par le piston lui-même; mais, dans les premiers, il est préparé, en fin de course, à la poussée que lui fera subir l'air comprimé qui le bloquera dans sa nouvelle position jusqu'à nouvelle préparation à l'inversion; dans les deuxièmes, il est presque tout le temps inerte, mais toujours prêt à obéir à la sollicitation très brève de l'air comprimé qui suffit à l'inverser, mais lui rend aussitôt son indifférence; dans les troisièmes, il est, comme dans les premiers, calé dans ses positions extrêmes, mais après une impulsion extrêmement courte donnée par l'air. Tous les types créés dans cet ordre d'idées témoignent toujours de l'une ou de l'autre des préoccupations : assurer la docilité des déplacements d'un tiroir inerte par lui-même; assurer sa stabilité en fin de course.

(A suivre.)

L. CRUSSARD,

Ingénieur au Corps des Mines,
Professeur à l'Ecole nationale des Mines de Saint-Etienne.

FILATURE ET TISSAGE

DÉTERMINATION DES DENSITÉS ET DIAMÈTRES DES MATIÈRES TEXTILES A L'ÉTAT DE FILS SIMPLES ⁽¹⁾

(Suite et fin.)

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES DIAMÈTRES DE FILS.

Afin de compléter cet exposé, nous avons reproduit, sous forme de courbes, la fluctuation des diamètres de fil; en ordonnées ont été portés les *numéros métriques*, les diamètres

Conclusions.

L'examen des tableaux et des courbes qui suivent (fig. 5) montre combien rapide est la décroissance des diamètres au fur et à mesure que le fil devient plus fin; les valeurs des diamètres des

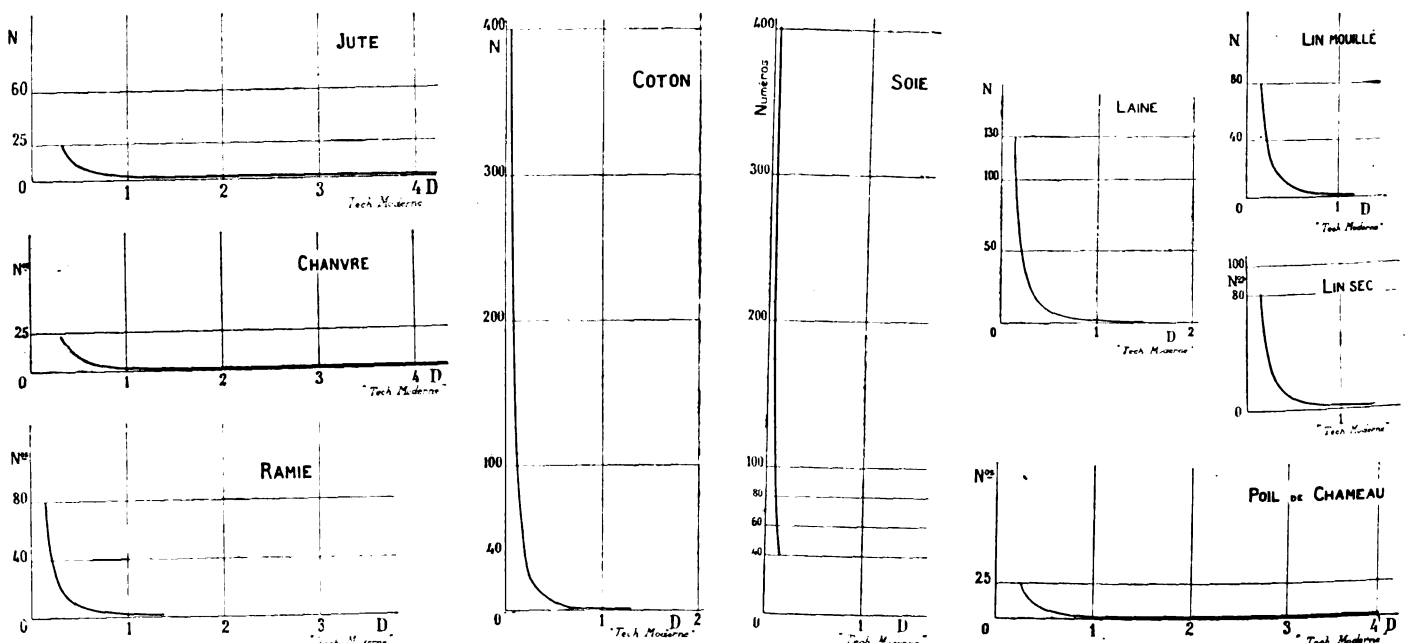


FIG. 5. — Courbes montrant la variation des diamètres en fonction des numéros, pour les fils simples en textiles divers.

étant exprimés en abscisses. On trouvera ci-dessus ces courbes, toutes tracées à une même échelle; la courbe de la soie n'a été dessinée que jusqu'au numéro métrique 400, à cause de l'étendue éventuelle de la courbe jusqu'au numéro extrême 5 000.

fil fins sont très voisines les unes des autres. On peut observer encore que la soie, constituée par un fil plein, est de densité élevée; les densités de tous les autres textiles sont notablement inférieures; cela n'a rien qui doive surprendre, car leur texture intime est toute différente, puisqu'ils sont formés par la juxtaposition de fibres élémentaires. Il semble que les textiles d'ordre végétal ont une densité généralement plus faible que

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 3 (Mars 1911) p. 150, et n° 4 (avril 1911), p. 221.

Tableau des densités des fils par rapport à leurs diamètres (suite) (1).

COTON : $\delta = 0,74$											
NUMÉRO anglais	NUMÉRO français	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO anglais	NUMÉRO français	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO anglais	NUMÉRO français	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO anglais	NUMÉRO français	DIAMÈTRE du fil
1 18113	1	0,925	60 23763	51	0,1292	119 29413	101	0,09203	178 35063	151	0,07523
2 36226	2	0,6542	61 41876	52	0,1280	120 47526	102	0,09148	179 53176	152	0,07503
3 54339	3	0,5338	62 59989	53	0,1268	121 65639	103	0,09116	180 71289	153	0,07477
4 72452	4	0,4626	63 78102	54	0,1257	122 83752	104	0,09072	181 89402	154	0,07450
5 90565	5	0,4135	64 96215	55	0,1245	123 01865	105	0,09026	182 07515	155	0,07430
6 08678	6	0,3768	65 14328	56	0,1232	124 19978	106	0,08983	183 25628	156	0,07403
7 26791	7	0,3492	66 32441	57	0,1225	125 38091	107	0,08944	184 43741	157	0,07382
8 44904	8	0,3270	67 50554	58	0,1212	126 56204	108	0,08898	185 61854	158	0,07355
9 63017	9	0,3088	68 68667	59	0,1204	127 74317	109	0,08860	186 79967	159	0,07335
10 81130	10	0,2925	69 86780	60	0,1191	128 92430	110	0,08820	187 98080	160	0,07314
11 99243	11	0,2789	70 04893	61	0,1184	129 10543	111	0,08780	188 16193	161	0,07287
12 17356	12	0,2670	71 23006	62	0,1173	130 28656	112	0,08740	189 34306	162	0,07266
13 35469	13	0,2565	72 41119	63	0,1161	131 46769	113	0,08700	190 52419	163	0,07246
14 53582	14	0,2472	73 59232	64	0,1153	132 64882	114	0,08660	191 70532	164	0,07218
15 71695	15	0,2387	74 77345	65	0,1144	133 82995	115	0,08625	192 88645	165	0,07197
16 89808	16	0,2313	75 95458	66	0,1135	134 01108	116	0,08584	193 06758	166	0,07176
17 07921	17	0,2235	76 13571	67	0,1127	135 19221	117	0,08549	194 24871	167	0,07155
18 26034	18	0,2179	77 31684	68	0,1118	136 37334	118	0,08514	195 42984	168	0,07127
19 44147	19	0,2121	78 49797	69	0,1113	137 55447	119	0,08479	196 61097	169	0,07113
20 62260	20	0,2070	79 67910	70	0,1104	138 73560	120	0,08443	197 79210	170	0,07092
21 80373	21	0,2017	80 86023	71	0,1095	139 91673	121	0,08408	198 97323	171	0,07071
22 98486	22	0,1972	81 04136	72	0,1086	140 09786	122	0,08372	199 15436	172	0,07050
23 16599	23	0,1928	82 22249	73	0,1081	141 27899	123	0,08331	200 33549	173	0,07029
24 34712	24	0,1886	83 40362	74	0,1072	142 46012	124	0,08304	201 51662	174	0,07007
25 52825	25	0,1844	84 58475	75	0,1067	143 64125	125	0,08270	202 69775	175	0,06993
26 70938	26	0,1813	85 76588	76	0,1058	144 82238	126	0,08240	203 87888	176	0,06971
27 89051	27	0,1780	86 94701	77	0,1053	145 00351	127	0,08210	204 10601	177	0,06950
28 07164	28	0,1743	87 12814	78	0,1042	146 18464	128	0,08173	205 28714	178	0,06928
29 25277	29	0,1717	88 30927	79	0,1039	147 36577	129	0,08142	206 46827	179	0,06914
30 43390	30	0,1688	89 49040	80	0,1034	148 54690	130	0,08112	207 64940	180	0,06892
31 61503	31	0,1661	90 67153	81	0,1024	149 72803	131	0,08081	208 83053	181	0,06870
32 79616	32	0,1633	91 85266	82	0,1019	150 90916	132	0,08050	209 10166	182	0,06856
33 97729	33	0,1607	92 03379	83	0,1014	151 09029	133	0,08019	210 28279	183	0,06834
34 15842	34	0,1584	93 21492	84	0,1005	152 27142	134	0,07987	211 46392	184	0,06819
35 33955	35	0,1561	94 39605	85	0,1000	153 45255	135	0,07962	212 64505	185	0,06797
36 52068	36	0,1539	95 57718	86	0,09975	154 63368	136	0,07931	213 82618	186	0,06782
37 70181	37	0,1519	96 75831	87	0,09914	155 81481	137	0,07899	214 10081	187	0,06760
38 88294	38	0,1499	97 93944	88	0,09859	156 99594	138	0,07874	215 28194	188	0,06746
39 06407	39	0,1479	98 12057	89	0,09803	157 17707	139	0,07842	216 46307	189	0,06723
40 24520	40	0,1462	99 30170	90	0,09752	158 35820	140	0,07817	217 64420	190	0,06708
41 42633	41	0,1442	100 48283	91	0,09694	159 53933	141	0,07791	218 82533	191	0,06693
42 60746	42	0,1424	101 66396	92	0,09643	160 72046	142	0,07759	219 10046	192	0,06671
43 78859	43	0,1410	102 84509	93	0,09590	161 90159	143	0,07733	220 28159	193	0,06656
44 96972	44	0,1392	103 02622	94	0,09539	162 08272	144	0,07707	221 46272	194	0,06641
45 15085	45	0,1378	104 20735	95	0,09491	163 26385	145	0,07681	222 64385	195	0,06618
46 33198	46	0,1363	105 38848	96	0,09439	164 44498	146	0,07655	223 82498	196	0,06603
47 51311	47	0,1350	106 56961	97	0,09391	165 62611	147	0,07628	224 10011	197	0,06588
48 69424	48	0,1334	107 75074	98	0,09343	166 80724	148	0,07603	225 28124	198	0,06573
49 87537	49	0,1318	108 93187	99	0,09294	167 98837	149	0,07576	226 46237	199	0,06557
50 05650	50	0,1306	109 11300	100	0,09253	168 16950	150	0,07550	227 64350	200	0,06542

POIL DE CHAMEAU : $\delta = 0,81$									
NUMÉRO métrique au kg	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO métrique au kg	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO métrique au kg	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO métrique au kg	DIAMÈTRE du fil	NUMÉRO métrique au kg	DIAMÈTRE du fil
0,1	3,950	0,8	1,398	6	0,5108	13	0,3469	20	0,2798
0,2	2,798	0,9	1,319	7	0,4729	14	0,3343	21	0,2729
0,3	2,284	1	1,257	8	0,4423	15	0,3231	22	0,2666
0,4	1,978	2	0,8848	9	0,4171	16	0,3127	23	0,2607
0,5	1,769	3	0,7225	10	0,3957	17	0,3034	24	0,2553
0,6	1,615	4	0,6257	11	0,3772	18	0,2949	25	0,2502
0,7	1,495	5	0,5596	12	0,3612	19	0,2870		

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 4 (avril 1911), p. 222 et 223.

Tableau des densités des fils par rapport à leurs diamètres (suite).

SOIE : $\delta = 1,31$ (1)

POIDS de l'échevette de 500 mètres en gras titre légal	POIDS DE L'ÉCHEVETTE		TITRE international Poids des 100 mètres en gras	LONGUEUR métrique au kg	DIAMÈTRE		POIDS de l'échevette de 500 mètres en gras titre légal	POIDS DE L'ÉCHEVETTE		TITRE international Poids des 100 mètres en gras	LONGUEUR métrique au kg	DIAMÈTRE
	de 500 mètres en deniers	de 476 mètres en deniers anciens						de 500 mètres en deniers	de 476 mètres en deniers anciens			
12,00	225,86	215,01	240,00	41 666	0,15336		6,00	112,93	107,50	120,00	83 333	0,10845
11,90	223,97	213,22	238,00	42 016	0,15272		5,90	111,04	105,71	118,00	84 745	0,10753
11,80	222,09	211,43	236,00	42 372	0,15208		5,80	109,16	103,92	116,00	86 206	0,10662
11,70	220,21	209,64	234,00	42 735	0,15144		5,70	107,28	102,12	114,00	87 719	0,10482
11,60	218,33	207,85	232,00	43 103	0,15078		5,60	105,40	100,33	112,00	89 285	0,10443
11,50	216,45	206,06	230,00	43 478	0,15013		5,50	103,51	98,54	110,00	90 909	0,10382
11,40	214,56	204,26	228,00	43 859	0,14948		5,40	101,63	96,75	108,00	92 592	0,10287
11,30	212,68	202,47	226,00	44 247	0,14886		5,30	99,75	94,96	106,00	94 339	0,10191
11,20	210,80	200,68	224,00	44 642	0,14816		5,20	97,87	93,17	104,00	96 153	0,10095
11,10	208,92	198,89	222,00	45 045	0,14750		5,10	95,99	91,38	102,00	98 039	0,09998
11,00	207,03	197,10	220,00	45 454	0,14683		5,00	94,10	89,58	100,00	100 000	0,09899
10,90	205,15	195,30	218,00	45 871	0,14617		4,90	92,22	87,79	98,00	102 040	0,09800
10,80	203,27	193,51	216,00	46 296	0,14549		3,80	90,34	86,00	96,00	104 166	0,09699
10,70	201,39	191,72	214,00	46 728	0,14483		4,70	88,46	84,21	94,00	106 382	0,09597
10,60	199,51	189,93	212,00	47 169	0,14414		4,60	86,58	82,42	92,00	108 695	0,09495
10,50	197,62	188,14	210,00	47 619	0,14346		4,50	84,69	80,62	90,00	111 111	0,09391
10,40	195,74	186,35	208,00	48 076	0,14278		4,40	82,81	78,83	88,00	113 636	0,09286
10,30	193,86	184,55	206,00	48 543	0,14209		4,30	80,93	77,04	86,00	116 279	0,09180
10,20	191,98	182,76	204,00	49 019	0,14139		4,20	79,05	75,25	84,00	119 047	0,09073
10,10	190,09	180,97	202,00	49 504	0,14070		4,10	77,16	73,45	82,00	121 951	0,08964
10,00	188,21	179,17	200,00	50 000	0,14000		4,00	75,28	71,66	80,00	125 000	0,08854
9,90	186,33	177,38	198,00	50 504	0,13930		3,90	73,40	69,87	78,00	128 205	0,08743
9,80	184,45	175,59	196,00	51 021	0,13857		3,80	71,52	68,08	76,00	131 578	0,08630
9,70	182,57	173,80	194,00	51 546	0,13782		3,70	69,64	66,29	74,00	135 135	0,08516
9,60	180,68	172,00	192,00	53 083	0,13717		3,60	67,75	64,49	72,00	138 888	0,08400
9,50	178,80	170,21	190,00	52 632	0,13645		3,50	65,87	62,70	70,00	142 857	0,08282
9,40	176,92	168,42	188,00	53 188	0,13574		3,40	63,99	60,91	68,00	147 058	0,08161
9,30	175,04	166,63	186,00	53 758	0,13501		3,30	62,11	59,12	66,00	151 515	0,08042
9,20	173,16	164,84	184,00	54 348	0,13432		3,20	60,22	57,33	64,00	156 250	0,07919
9,10	171,27	163,04	182,00	54 945	0,13355		3,10	58,34	55,54	62,00	161 290	0,07795
9,00	169,25	161,25	180,00	55 555	0,13282		3,00	56,46	53,74	60,00	166 666	0,07668
8,90	167,51	159,46	178,00	56 179	0,13208		2,90	54,58	51,95	58,00	172 413	0,07539
8,80	165,63	157,67	176,00	56 817	0,13133		2,80	52,70	50,16	56,00	178 571	0,07408
8,70	163,74	155,88	174,00	57 471	0,13043		2,70	50,81	48,37	54,00	185 185	0,07274
8,60	161,86	154,08	172,00	58 139	0,12983		2,60	48,93	46,57	52,00	192 307	0,07138
8,50	159,98	152,30	170,00	58 823	0,12907		2,50	47,05	44,78	50,00	200 000	0,07000
8,40	158,10	150,50	168,00	59 523	0,12831		2,40	45,17	43,00	48,00	208 353	0,06858
8,30	156,22	148,71	166,00	60 240	0,12755		2,30	43,29	41,20	46,00	217 391	0,06714
8,20	154,33	146,91	164,00	60 975	0,12677		2,20	41,40	39,41	44,00	227 272	0,06566
8,10	152,45	145,13	162,00	61 728	0,12590		2,10	39,52	37,62	42,00	238 095	0,06415
8,00	150,57	143,34	160,00	62 500	0,12522		2,00	37,64	35,83	40,00	250 000	0,06261
7,90	148,59	141,56	158,00	63 291	0,12444		1,90	35,76	34,04	38,00	263 157	0,06102
7,80	146,80	139,76	156,00	64 102	0,12364		1,80	33,87	32,24	36,00	277 777	0,05939
7,70	144,92	137,96	154,00	64 934	0,12285		1,70	31,99	30,45	34,00	294 117	0,05772
7,60	143,04	136,17	152,00	65 789	0,12205		1,60	30,11	28,66	32,00	312 500	0,05600
7,50	141,16	134,39	150,00	66 666	0,12124		1,50	28,23	26,87	30,00	333 333	0,05422
7,40	139,28	132,59	148,00	67 567	0,12044		1,40	26,35	25,08	28,00	357 142	0,05299
7,30	137,39	130,80	146,00	68 493	0,11962		1,30	24,46	23,28	26,00	384 615	0,05047
7,20	135,51	129,00	144,00	69 444	0,11879		1,20	22,58	21,49	24,00	416 666	0,04849
7,10	133,63	127,21	142,00	70 422	0,11796		1,10	20,70	19,70	22,00	454 545	0,04643
7,00	131,75	125,42	140,00	71 428	0,11713		1,00	18,82	17,91	20,00	500 000	0,04427
6,90	129,87	123,63	138,00	72 463	0,11628		0,90	16,93	16,11	18,00	555 555	0,04200
6,80	127,98	121,63	136,00	73 529	0,11545		0,80	15,05	14,32	16,00	625 000	0,03959
6,70	126,10	120,04	134,00	74 626	0,11466		0,70	13,17	12,53	14,00	714 285	0,03704
6,60	124,22	118,25	132,00	75 757	0,11307		0,60	11,29	10,73	12,00	833 333	0,03429
6,50	122,34	116,46	130,00	76 923	0,11287		0,50	9,41	8,95	10,00	1 000 000	0,03130
6,40	120,45	114,66	128,00	78 125	0,11200		0,40	7,52	7,16	8,00	1 250 000	0,02800
6,30	118,57	112,87	126,00	79 365	0,11112		0,30	5,64	5,36	6,00	1 666 666	0,02424
6,20	116,69	111,08	124,00	80 645	0,11024		0,20	3,76	3,58	4,00	2 500 000	0,01979
6,10	114,81	109,29	122,00	81 963	0,10934		0,10	1,88	1,78	2,00	5 000 000	0,01400

(1) Ce tableau donnant les titrages en 5 colonnes a été établi par J. Persoz.

ceux de nature animale; enfin, la laine, parfaitement lavée, dégraissée, est notablement moins dense que le poil de chameau, dont le traitement a été moins énergique.

L'examen des courbes précédentes obtenues par points permet de rappeler la relation :

$$\frac{N}{N'} = \frac{d'^2}{d^2}$$

et :

$$Nd^2 = N'd'^2 = K.$$

Appelant x le numéro, et y le diamètre, ces courbes sont régies par l'équation :

$$y = \sqrt{\frac{K}{x}}.$$

Ces courbes sont donc de forme hyperbolique.

Nous sommes heureux d'avoir pu fournir et établir la valeur de ces diamètres de fils, ainsi que la densité respective des textiles sous cet état; on ne se faisait que difficilement une idée de ces diamètres, dont on ignorait même les valeurs approchées. Nous espérons avoir comblé cette lacune et rendu quelque service à l'industrie et au commerce des fils; les investigations relatives aux fils et aux tissus, si utiles, ne peuvent qu'y gagner; la présente étude, enfin, complète celles qui précèdent et permet d'en préciser certains points.

James DANTZER,

Professeur suppléant au Conservatoire national
des Arts et Métiers de Paris.

ALIMENTATION (INDUSTRIE DE L')

LA TUERIE DE PORCS D'AUBERVILLIERS (SEINE)

UN ABATTOIR MODÈLE

La Société « La Nationale » vient d'inaugurer, pour l'approvisionnement de son usine d'Aubervilliers, un abattoir aménagé en vue d'obtenir : une très grande rapidité dans le travail; une réduction importante du personnel, tout en facilitant sa tâche, et une stricte observation des principes de l'hygiène.

Cette fabrique de produits alimentaires ne traitant que de la

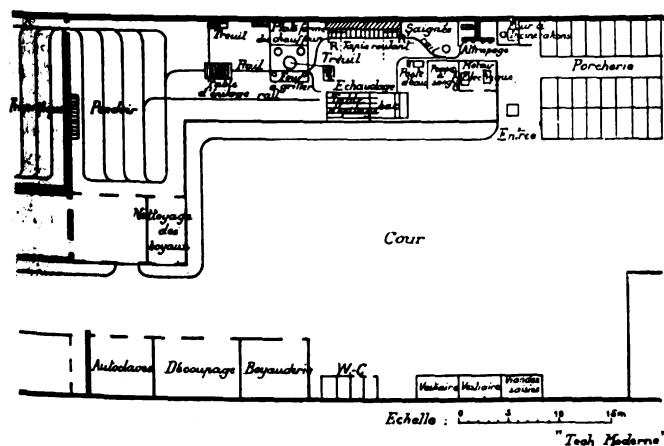


FIG. 1. — Plan de la tuerie de porcs d'Aubervilliers.

charcuterie, l'abattoir a été installé uniquement pour l'abatage des porcs. C'est cette « tuerie de porcs » que nous décrirons brièvement.

I. IMPORTANCE DES BATIMENTS. — Les locaux comprennent :

- 1° Une porcherie avec ses annexes : longueur 17 m, largeur 12 m, soit 204 m²;
- 2° Le local d'abatage, etc. : longueur 32 m; largeur 10 m, soit 320 m²;
- 3° Le pendoir : longueur 18 m; largeur 13 m, soit 234 m²;
- 4° La salle frigorifique : longueur 18 m; largeur 13 m, soit 234 m².

La surface totale est donc de 1 000 m² en chiffres ronds (fig. 1).

II. PORCHERIE. — La porcherie comporte 24 cases pouvant contenir au total environ 500 porcs; les portes des cases sont montées sur gonds; des portes roulantes ou à guillotine seraient cependant moins encombrantes.

Au point de vue hygiénique, des précautions minutieuses sont prises. Les parois des cases sont peintes en blanc; elles sont lavées à grande eau et au crésyl à mesure qu'on fait sortir les animaux; on brûle tous les fumiers.

III. LA TUERIE DE PORCS PROPREMENT DITE. — La tuerie comprend :

- 1° Un dispositif spécial pour faciliter le travail de la saignée;
- 2° Les appareils de grillage;
- 3° Les appareils d'échaudage et d'épilage.

1. La saignée. — Pour saigner commodément un porc, il faut que l'animal soit présenté au saigneur la tête en bas et suspendu à une hauteur telle que l'ouvrier n'ait pas à se baisser. Ce problème pratique a été résolu de la manière suivante :

Les animaux sont introduits, par groupes, dans une petite salle dite « d'attrapage », un ouvrier leur passe une chaîne autour d'une patte postérieure et immédiatement les accroche à une « roue élévatoire ».

Cette roue est placée contre un mur; elle a un diamètre de 3^m,75; elle est en acier, et tourne autour d'un axe horizontal avec une vitesse de 3 tours par minute; elle est actionnée par un moteur électrique. Sur son pourtour, elle porte six chaînes terminées par des crochets auxquels on suspend les animaux. Le porc est donc élevé par la roue, puis, à un moment de sa course, celle-ci le dépose sur un rail aérien par une des deux ailes du double crochet de la chaîne de suspension (fig. 2).

Le rail aérien est en pente, de sorte que le porc glisse, par son propre poids, jusqu'à la portée de l'ouvrier saigneur. Notons, pour ne plus y revenir, que cette voie aérienne porte en différents points de son par-

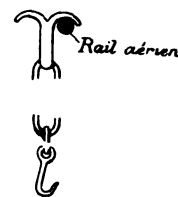


FIG. 2.

Schéma
de la voie aérienne.

cours des aiguilles indiquées schématiquement par la figure 3.

L'animal arrivant ainsi au-dessus du récipient où s'écoulera son sang, l'ouvrier le saigne. La rapidité de cette opération est très grande, et, en une heure, on peut exécuter environ

150 porcs.

2. *Grillage*. — Le grillage se fait dans un four où les animaux doivent être introduits la tête en haut. Par conséquent, il faut les décrocher et les suspendre par la tête. Cette double opération se fait aisément au moyen du dispositif que voici :

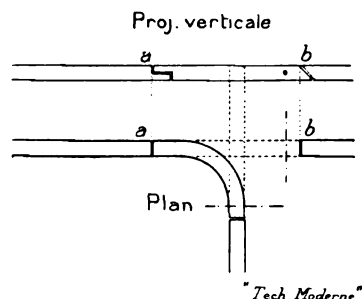


FIG. 3. — Schéma des aiguilles de la voie aérienne.

Une première roue, placée contre un mur, près du rail aérien, porte, à sa périphérie, un bras horizontal; la roue, en tournant, amène ce bras contre les crochets où sont suspendus les animaux, les soulève et les dépose, non pas sur le sol, mais sur un tapis roulant. Les porcs sont alors amenés devant un ouvrier qui leur fixe un crochet dans la gorge et les suspend à nouveau après une deuxième roue qui les soulève et les pose sur un rail en pente allant jusqu'au four à griller.

Four à griller : Ce four est constitué par une sorte de cheminée en briques, élevée sur quatre piliers de fonte au niveau des rails transporteurs.

Le foyer est compris entre une grille cylindrique de 0^m,80 de hauteur et de 0^m,80 de diamètre et la partie interne du four. On le charge par quatre portes placées sur le pourtour. La partie inférieure s'obture par une plaque pendant le grillage d'un animal.

Les porcs sont introduits dans le four, accrochés à une chaîne élévatrice mue par un treuil électrique.

Le grillage dure de trente à soixante secondes; il est suivi de l'épilage.

3. *Échaudage*. — L'échaudage nécessite :

1° Une cuve métallique rectangulaire de 0^m,80 de profondeur environ, munie à sa partie inférieure d'un tuyau de vapeur (qui porte l'eau de la cuve à la température de 70° environ) et d'un robinet de vidange qui envoie les eaux sales à l'égout;

2° Une table d'épilage attenante à la cuve; elle est constituée par 13 fers à T disposés parallèlement, et à quelques centimètres de distance les uns des autres, pour laisser tomber les poils arrachés aux animaux sur une tablette mobile;

3° Un balancier de plongée, en acier, qui est mobile autour d'un axe horizontal et porte à son extrémité un bras destiné à saisir, sur un rail aérien, les crochets auxquels sont suspendus les animaux à échauder;

4° Une herse, mobile autour d'un axe horizontal, placée contre la table d'épilage. Cette herse soulève les porcs hors de l'eau et les jette sur la table.

IV. *PENDOIR*. — Finalement, les porcs sont suspendus à un tinet écarteur et accrochés à un rail qui les conduit au pendoir. Ce pendoir est simplement constitué par une série de rails aériens aboutissant tous à une salle frigorifique. Le pendoir peut recevoir de 200 porcs à 300 porcs. Les animaux sont ouverts et soumis à l'inspection du vétérinaire du service sanitaire de la Seine.

Les porcs sont mis en réserve dans la salle frigorifique, dont la température est maintenue à environ + 2°; on vient les retirer au fur et à mesure des besoins de l'usine de produits alimentaires.

Dès lors, le porc subira les manipulations multiples destinées à le transformer en produits les plus variés. Toutes ces opérations se font dans une usine modèle, dont l'abattoir n'est qu'une annexe.

Il convient de noter que le sol de ces divers ateliers a sa pente dirigée vers des caniveaux, afin de faciliter les lavages qui sont fréquents et exécutés avec de grandes masses d'eau.

Les murs sont également entretenus dans un très grand état de propreté; ils sont recouverts de carreaux blancs en faïence sur une hauteur d'environ 2 m.

L'eau destinée aux lavages provient d'un puits de 63 m de profondeur, foré dans l'usine; elle est élevée au moyen d'une pompe actionnée par un moteur électrique de 5 chevaux.

V. *FORCE MOTRICE*. — La force motrice nécessaire au fonctionnement de cette tuerie de porcs est d'une dizaine de chevaux environ; elle est fournie par une machine à vapeur Corliss-Cail d'une puissance maximum de 150 chevaux, absorbés en majeure partie par les appareils des ateliers de charcuterie et la machine frigorifique.

Cette machine à vapeur actionne :

1° Une dynamo compound Hillairet-Huguet de 45 kw fournissant du courant continu sous 220 volts;

2° Une machine frigorifique Linde susceptible de produire 80 000 frigories-heure à — 5°.

VI. *CONCLUSIONS*. — La comparaison de cet établissement privé, établi spécialement pour l'abatage des porcs, avec un abattoir municipal où l'on tue toutes sortes d'animaux, n'est pas sans intérêt. Quelques chiffres permettront de se faire une idée de la quantité de travail que l'on peut effectuer avec cette installation.

En temps normal, on sacrifie de 100 porcs à 150 porcs par jour, ce qui demande une heure ou une heure et demie (le jour de l'inauguration de la tuerie, il a été abattu 188 porcs en cinquante-cinq minutes; bien entendu cette intensité de travail est exceptionnelle).

On atteindrait facilement le chiffre de 1 000 porcs en dix heures de travail soit, en une année de 300 jours de travail effectif : $1000 \times 300 = 300\,000$ porcs. Évidemment, cela supposerait un personnel très nombreux. Actuellement, une équipe de dix à douze ouvriers suffit pour préparer sans grandes fatigues un total annuel d'environ 30 000 à 45 000 porcs.

C'est un nombre réellement considérable, qui est loin d'être atteint par des villes de plus de 100 000 habitants.

Ainsi à Rouen (118 459 hab.), pour ne citer que cet exemple, la statistique des abattoirs indique pour 1907 : 11 548 porcs seulement sur un total de 73 450 têtes de gros et menu bétail.

Toute l'installation que nous venons de décrire a été faite par la Société « La Nationale », d'après les plans de M. Godard, chef-mécanicien de l'usine; de sorte que cette « tuerie de porcs », qui est probablement unique en Europe, présente une très grande originalité.

A ce propos, il convient de ne pas laisser passer sous silence une heureuse innovation concernant le personnel. Une affiche, apposée dans tous les ateliers, invite chaque ouvrier à faire connaître au directeur les perfectionnements qu'il aura reconnus utiles pour effectuer mieux et plus rapidement le travail dont il s'occupe. C'est un principe adopté dans certains pays, notamment aux États-Unis, et les ingénieurs américains sont unanimes en reconnaître les bons effets.

Marcel RIGOTARD,

Ingénieur agronome, Licencié ès sciences.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

FONCTIONNEMENT INTERNE DES GÉNÉRATEURS DE VAPEUR ⁽¹⁾

(Suite et fin.)

II. *Circuits composés.* — Au fond, malgré la multitude des modèles de chaudières et leur diversité apparente, qui tient surtout aux assemblages, le nombre des circuits simples typiques qui entrent dans leur conception est très restreint et l'étude de ces circuits isolés est facile.

Mais dans une chaudière donnée, on trouve des circuits *composés*, formés de circuits simples groupés en grand nombre ou ayant une partie commune, et il peut se présenter deux circonstances bien distinctes :

1° Ces circuits sont *indépendants* et n'ont aucune partie commune. Ils fonctionnent alors comme s'ils étaient isolés, et nous

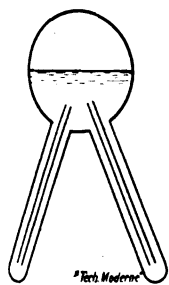


Fig. 9. — Générateur à circuits élémentaires indépendants.

n'avons rien à ajouter à ce que nous avons dit. C'est le cas, par exemple, de tubes Field groupés sur un même collecteur (fig. 9);

2° Ces circuits sont *dépendants* et susceptibles de réagir les uns sur les autres. C'est de beaucoup le cas le plus fréquent en pratique. Par exemple, si à la chaudière représentée figure 9 nous ajoutons une tôle (fig. 10), de

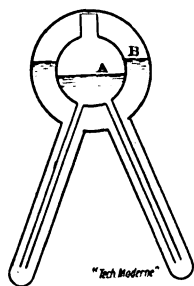


Fig. 10. — Générateur à circuits élémentaires dépendants.

façon à diviser le réservoir en deux parties séparées A et B, tous les tubes intérieurs aboutissant à la même partie A, nous modifions profondément le fonctionnement, puisque la circulation, si elle se produisait comme si tous les tubes étaient isolés, amènerait constamment l'eau de la partie A à la partie B, sans retour possible, et par conséquent ne pourrait se maintenir que pendant un temps très court; en fait, le sens de la circulation se renverserait nécessairement dans certains tubes du faisceau.

On est donc obligé, si l'on veut rendre possible le fonctionnement normal des circuits élémentaires, d'installer un conduit spécial permettant à l'eau de revenir de la partie B à la partie A. Ce conduit s'appelle un *retour d'eau*.

Soient un certain nombre de tubes T, aboutissant, à leurs extrémités inférieure et supérieure, à deux réservoirs A et B, et soit R le conduit de retour d'eau (fig. 11).

La méthode de calcul dont nous donnerons le principe plus loin, permet de déterminer la différence de pression entre les réservoirs A et B et, par suite, le débit du retour d'eau, si l'on connaît sa section, et si l'on a, par suite de sa forme, une idée des pertes de charge.

Mais ces calculs sont assez laborieux, d'autant qu'il faut, pour connaître la quantité de vapeur qui parcourt chaque tube, évaluer

les intensités de vaporisation aux différents points du faisceau, et tenir compte de la température de l'eau et, par suite, du régime de l'alimentation et du point où se fait cette alimentation.

Sans entrer dans le détail de ces raisonnements, qui ne sont possibles et n'ont d'intérêt que dans un cas particulier, on voit que, pour que le débit du faisceau vaporisateur, c'est-à-dire la quantité d'eau qu'il peut, dans l'unité de temps, amener du réservoir A au réservoir B, soit maximum, il faut que la section du retour d'eau ait une valeur aussi grande que possible et que ce conduit soit disposé pour rendre les pertes de charge aussi faibles que possible.

Soit h la différence de pression qui existerait entre les vases A et B si ceux-ci communiquaient par un retour d'eau de section infinie, sans pertes de charge, et supposons qu'on fasse décroître cette section d'une façon régulière.

La vitesse de l'eau dans le retour d'eau augmente. Sa vitesse de circulation dans le faisceau vaporisateur reste d'abord constante, et peut même augmenter, puisque les résistances dans le retour d'eau augmentent d'abord très peu, et que la force vive perdue en remous dans les changements de vitesse, entre les tubes vaporisateurs et le retour d'eau, diminue de plus en plus avec l'augmentation de vitesse dans le retour d'eau, pour un appareil bien conçu. Le débit du retour d'eau étant toujours égal au débit en eau du faisceau vaporisateur, reste aussi constant, et la vitesse de l'eau dans ce conduit augmente en raison inverse de la section.

Tant que celle-ci reste au-dessous de la valeur pour laquelle la vitesse de l'eau dans le retour d'eau est inférieure à celle qu'elle prendrait librement sous la charge h , il n'y a pas diminution importante de vitesse dans le faisceau vaporisateur, puisqu'elle ne pourrait résulter que de l'augmentation des pertes de charge; à partir de ce moment, au contraire, la diminution de vitesse dans le faisceau vaporisateur devient importante, parce qu'elle dépend de deux causes :

1° La première est, comme précédemment, l'augmentation des pertes de charge;

2° La seconde, bien plus importante, provient de ce que, à partir de ce moment, pour augmenter la vitesse dans le retour d'eau, il faudrait augmenter h , c'est-à-dire augmenter la proportion de vapeur dans le mélange d'eau et de vapeur parcourant le faisceau vaporisateur, ce qui est impossible sans entraîner le ralentissement de la vitesse de circulation, — si l'on suppose, bien entendu, que l'intensité de vaporisation reste constante.

Il y a donc pour le retour d'eau une *section critique* telle que, au-dessus d'elle, la vitesse de circulation varie peu avec la section, et que, au contraire, au-dessous de cette valeur la diminution de la section apporte une limite à la grandeur de la vitesse de circulation.

On démontre que la section qui donne la vitesse de circulation maximum est de l'ordre de grandeur de la section totale des tubes du faisceau vaporisateur.

Si on diminue encore la section au-dessous de cette valeur critique, un ou plusieurs tubes du faisceau vaporisateur, supposé constitué de cycles réversibles, se mettent à fonctionner comme retour d'eau.

A partir de ce moment, le fonctionnement va devenir dangereux; car, s'il est vrai que les tubes dans lesquels s'établira un

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 3 (Mars 1911), p. 152 et n° 4 (Avril 1911), p. 220.

courant net de circulation, en sens inverse du sens normal, n'auront pas à souffrir, puisque le dégagement de la vapeur sera quand même assuré et qu'au surplus ils seront peu fortement chauffés; par contre, à une certaine distance du foyer, entre les tubes à circulation normale et ceux à circulation renversée, il se trouvera des tubes à circulation indécise, se faisant tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, avec arrêt possible, ou, ce qui est plus grave, avec courant lent de circulation renversée, empêchant la vapeur de se dégager. Ces tubes se trouveront dans une situation dangereuse et le coup de feu sera imminent.

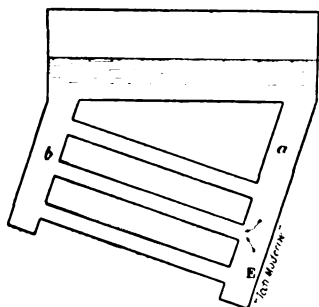


FIG. 12.

Dans les chaudières formées d'un faisceau de tubes allant chacun d'un réservoir A à un réservoir B, les tubes qui serviront de retour d'eau seront en général ceux qui renferment le moins de vapeur et, par conséquent, les moins chauffés; mais il n'en sera pas nécessairement ainsi lorsque les tubes sont groupés sur des collecteurs à faible section.

Soit, par exemple, le cas de la chaudière représentée figure 12; ce cas comprend aussi bien les générateurs dérivés du type Collet que ceux dérivés du type d'Allest, mais dans les premières les réservoirs A et B sont réunis côte à côte.

Si les tubes aboutissent de part et d'autre à des lames d'eau de grande section, ils peuvent être considérés comme indépendants, mais s'ils aboutissent à des collecteurs dont la section est de l'ordre de grandeur de celle des tubes eux-mêmes, l'appel produit en E, par la circulation des tubes supérieurs, peut renverser le sens de circulation dans le tube de coup de feu.

La faible section du collecteur de dégagement de vapeur peut activer la circulation, à cause de sa hauteur, et parce que le mélange d'eau et de vapeur qui le remplit est moins dense, mais le collecteur servant de retour d'eau devrait être à aussi grande section que possible, parce que c'est lui seul qui garantit le sens normal de circulation.

Il est souvent de section inférieure à celle du collecteur de dégagement de vapeur, et il pourrait y avoir avantage à faire le contraire, car un défaut de section du collecteur de dégagement de vapeur ne peut que ralentir la circulation, tandis qu'un défaut de section du collecteur de retour d'eau peut en renverser le sens. Or, comme nous l'avons dit, l'essentiel n'est pas tellement d'avoir une circulation très rapide, mais une circulation certaine et de sens convenable pour assurer le dégagement de la vapeur et l'alimentation en eau des surfaces vaporisatrices.

C'est la grande section du retour d'eau qui donne l'assurance que chaque circuit élémentaire fonctionne bien comme s'il était isolé.

Diminuer la section du retour d'eau, et *a fortiori* le supprimer complètement, comme cela a été fait sur certaines chaudières, c'est donc se priver volontairement, pour une partie du faisceau, des avantages que donne une circulation active. Il est possible qu'avec certaines dispositions du foyer, de l'alimentation, et une surveillance parfaite, le fonctionnement reste en apparence satisfaisant; il n'en est pas moins vrai que la sécurité se trouve diminuée.

Les divers types de chaudières sont dans des conditions très différentes à ce point de vue, depuis celles qui dérivent du tube field, dans lesquelles, au moins pour les tubes, la section de retour d'eau est de même ordre que celle offerte au mélange d'eau et de vapeur, jusqu'aux chaudières « à petits tubes » dont les retours d'eau ont été entièrement supprimés, comme certaines chaudières marines.

En pratique, on reconnaît bientôt les chaudières dont les

retours d'eau sont insuffisants, à ce que, même dans de bonnes conditions de propreté des surfaces et de pureté de l'eau, on ne peut dépasser une certaine allure limite de combustion sans brûler des tubes.

A l'examen d'un générateur sur plans, qui se fera en s'inspirant des considérations qui précèdent, on reconnaîtra, en général, que c'est surtout dans les collecteurs servant de retours d'eau à de nombreux tubes, que les sections sont rarement suffisantes.

Si l'on veut soumettre un cas particulier à un calcul rigoureux, on peut procéder de la façon suivante :

MÉTHODE GÉNÉRALE DE CALCUL DE LA VITESSE DE CIRCULATION (1).

— Considérons (fig. 13) une tranche AB de longueur dl dans un tube T de section s , parcouru par un mélange d'eau et de vapeur se comportant comme un fluide homogène de poids spécifique δ dans la tranche AB. Soit v la vitesse d'ascension, l'équation différentielle du mouvement sera, en appliquant le théorème fondamental de l'hydrodynamique :

$$\frac{\delta}{g} dl \frac{dv}{dt} = -\delta dh - \delta p - \frac{\delta}{g} dF$$

ou :

$$\frac{\delta}{g} v dv = -\delta dh - dp - \frac{\delta}{g} dF,$$

dp étant l'excès de la pression en B sur la pression en A et les trois termes du second membre correspondant au poids du liquide, à la pression et aux forces de frottement F par unité de longueur pour l'unité de masse.

De l'allure de vaporisation par mètre carré de surface de chauffe et par heure, on déduit le poids de vapeur passant en A dans l'unité de temps; en exprimant le poids d'eau passant au même point dans l'unité de temps en fonction de la vitesse v_e d'entrée dans le tube, on calcule le poids spécifique δ du mélange; comme le produit δv est constant, si on connaît $\int dp$, différence des pressions statiques aux extrémités du tube, on peut intégrer avec v_e comme seule inconnue. En intégrant entre deux points déterminés du tube, on a l'équation de Bernoulli.

Nous ne développerons pas ces calculs; disons seulement qu'ils permettent d'établir d'une façon rigoureuse les conditions auxquelles il faut satisfaire pour avoir la meilleure circulation possible, conditions dont nous avons fait comprendre l'utilité par les raisonnements qui précèdent et qu'on peut résumer ainsi :

Il faut réaliser des circuits de sens de circulation certain, entraînant de faibles pertes de charge, c'est-à-dire de section suffisante, proportionnée au volume de vapeur qui y passe, sans étranglements ni variations brusques, et sans changements brusques de direction.

Les circuits élémentaires doivent être indépendants, ou bien les conduits de retour d'eau seront largement prévus, à faibles pertes de charge, et chauffés de façon que l'eau arrive sur les surfaces vaporisatrices au voisinage de la température de vaporisation, pour avoir production de vapeur dès le commencement du tube.

CONDUITE DES APPAREILS. — Si ces conditions sont remplies, la circulation dépendra, comme nous l'avons fait voir, des conditions de l'ébullition. Le problème à résoudre sera alors, pour l'industriel, d'avoir, dans son appareil, une ébullition régulière.

L'ébullition régulière, par petites bulles nombreuses, n'a d'ailleurs que des avantages, si l'on excepte le cas des eaux mousseuses qui ont effectivement ce mode d'ébullition et qui

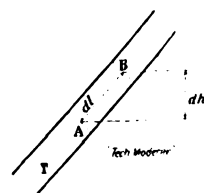


FIG. 13.

(1) M. BRILLIÉ : *Bulletin de l'Association technique maritime*, 1898.

peuvent causer des entraînements d'eau. Nous établirons, en effet, ultérieurement, l'identité du problème de la circulation et de celui du maintien des surfaces de chauffe à une température normale.

Cette identité résulte de ce que l'ébullition régulière, par petites bulles nombreuses, qui donne la meilleure circulation, est aussi celle qui suppose la moindre différence de température entre le métal et l'eau.

La présence de l'eau sur la surface vaporisatrice ne donne la certitude d'éviter le coup de feu, qu'à condition que la vaporisation soit facile, ce qui exige que l'eau mouille la surface.

A chaque fois que les conditions sont telles que l'ébullition se fasse difficilement, par poches plates qui se dégagent tout d'un coup, la température du métal augmente. C'est le cas, par exemple, des surfaces métalliques graissées. D'autre part, dans ce cas, les bulles, étalées sur la surface de la tôle, ne se détachent que très difficilement, et non seulement la circulation naturelle, mais une circulation artificielle intense, ne sauraient les détacher, à cause de leur forme plate; la tôle peut être isolée du liquide.

L'ébullition par petites bulles est caractéristique de ce fait que l'équilibre capillaire entre le liquide et le métal est bien celui qui correspond à l'absorption facile des calories et, par suite, à la différence minimum de température entre eux.

Si cette condition est remplie, la vitesse de circulation nécessaire pour remplacer à chaque instant dans un tube la quantité d'eau vaporisée est très faible. Il est facile, dans chaque cas particulier, d'après la quantité de vapeur produite, d'en calculer une valeur approchée par excès, qui reste bien inférieure à celle de la circulation naturelle dans un appareil normalement établi. Pour un appareil donné, on obtient simultanément, dans ces conditions

définies d'ébullition, la sécurité maximum et le meilleur rendement.

Il est donc important d'essayer, à ce point de vue, les eaux d'alimentation. Les quantités d'impuretés nécessaires pour modifier l'ébullition de l'eau étant extrêmement faibles, on ne sait pas se rendre compte *a priori* de l'action d'un corps déterminé, dissous ou en suspension. L'action des compositions désincrustantes, par exemple, n'est pas toujours très bien connue. De même, les dépôts salins ou graisseux qui peuvent recouvrir les surfaces vaporisatrices n'ont été qu'incomplètement étudiés.

En attendant qu'on soit fixé sur tous ces points, il paraît prudent de s'astreindre à employer de l'eau pure et à maintenir en parfait état de propreté les surfaces vaporisatrices. Cette propreté a une influence considérable sur l'économie de fonctionnement et d'entretien, la fatigue des appareils, la sécurité, et même sur le prix d'installation, puisqu'on peut imposer à une chaudière propre une allure de vaporisation plus élevée. Ce doit être en particulier un des avantages des chaudières à petits éléments démontables, principalement des chaudières à tubes d'eau, de permettre l'entretien facile en état de propreté des surfaces vaporisatrices.

On sait maintenant établir des chaudières bien proportionnées, et parmi les nombreux types proposés, les meilleurs diffèrent surtout suivant que l'inventeur a considéré comme primordiale une qualité plutôt qu'une autre : circulation accélérée, grande surface de chauffe dans un faible espace, légèreté, économie, facilité de réparations ou d'entretien. Il reste pour obtenir leur bon fonctionnement certain, à étudier les moyens d'assurer, dans tous les cas, la transformation régulière de l'eau en vapeur.

M. EMANAU, *Ancien élève de l'École Polytechnique.*

CHIMIE INDUSTRIELLE

L'INDUSTRIE DU GOUDRON DE HOUILLE⁽¹⁾

(Suite et fin.)

Les produits volatils s'échappent de chacune des cornues par un tuyau spécial et peuvent être condensés isolément. Cette disposition donne donc automatiquement un fractionnement en autant de produits différents qu'il y a de cornues dans l'appareil. Ces divers fractionnements peuvent être recueillis séparément ou réunis pour la vente.

On peut employer un barbotage de vapeur pour aider, à la fin, le départ des huiles d'anthracène, sans être obligé de surélever la température des dernières cornues.

En pratique, le chauffage se fait par un gazogène. Le gaz de gazogène est réparti sous chaque cornue, dont la température peut être réglée au moyen de registres convenablement disposés. Dans une installation fonctionnant en Italie, nous avons pu constater que le brai sortait de l'appareil à une température de 265° environ.

Les températures relevées aux départs de produits volatils étaient :

Pour les deux premières cornues, de . . .	100 à 105°
— deux suivantes	130 à 150°
— deux —	225 à 230°
— deux dernières	250°

Les basses températures auxquelles le goudron, traité en faibles masses, est soumis jusqu'à sa transformation en brai, expliqueraient, au dire des inventeurs, le peu d'importance des dépôts de coke constatés dans les cornues, le peu d'entretien qu'elles exigent et la faible usure qu'elles subissent.

Les opérations pourraient durer jusqu'à trente jours de suite sans interruption, et, à ce moment, ce n'est que dans les deux dernières cornues que l'on constaterait quelques encrassements, d'ailleurs faciles à enlever.

Les constructeurs affirment que, dans un tel appareil, la consommation de combustible ne dépasse pas 7 %. On conçoit aisément que la main-d'œuvre de distillation y soit très réduite, par rapport aux chaudières discontinues.

En dehors de l'installation italienne, l'appareil Ray a été monté par la firme Pøtter, de Dortmund, dans une usine de Bohême, pour le traitement du goudron de lignite. Une expérience plus étendue permettrait seule d'affirmer que toutes les qualités de goudron peuvent être indifféremment traitées dans cet appareil.

IV. — Traitement et emploi des produits distillés.

Les produits de la distillation brute du goudron constituent la matière première d'un grand nombre d'industries chimiques, au

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 1 (janvier 1911), p. 27; n° 2 (février 1911), p. 85, n° 3 (mars 1911), p. 155 et n° 4 (avril 1911), p. 227.

premier rang desquelles il faut mettre l'industrie des matières colorantes. Nous devons nous borner ici à passer rapidement en revue les premiers traitements que l'on fait subir aux produits bruts obtenus par distillation et à indiquer pour chacun d'eux leurs principaux emplois.

Pour donner une idée d'ensemble de ce traitement et des produits qu'on peut obtenir, nous reproduisons ci-dessous un tableau schématique dû à Lunge :

I. — 1^{re} Fraction : jusqu'à 170°.

Eau ammoniacale.

Essence de naphte (rectifiée dans la cornue à benzène).

1. Produit jusqu'à 110°, lavé chimiquement, distillé à la vapeur, donne : a) Benzène à 90 %.
- b) Benzène faible passe à 2.
2. Produit jusqu'à 140°, traité comme 1, donne : a) Benzène à 90 %.
- b) Benzène à 50 %.
- c) Fraction moyenne, est redistillée.
- d) Naphte pour dissolution.
3. Produit jusqu'à 170°, traité comme 1 et 2, donne : a) Naphte pour dissolution.
- b) Naphte à brûler.
- c) Résidu dans la cornue, passe à II.

II. — 2^e Fraction de 170° à 230° : Huile moyenne. — Lavée avec de la lessive de soude, donne :

1. Huile distillée dans la cornue à huile légère, donne : a) Distillatum jusqu'à 170°, passe à I. 3.
- b) Distillatum jusqu'à 230°, donne. Naphtaline.
- c) Résidu passe à III.
2. Lessive décomposée par l'acide carbonique, donne : a) Solution aqueuse de carbonate de soude, est rendue caustique et employée de nouveau.
- b) Acide phénique brut, est purifié et donne : a) Acide carbolique.
- β) Huiles retournant à II.

III. 3^e Fraction de 230° à 270° : Huile lourde (tant qu'elle ne dépose rien de solide) ; peut être traitée pour acide carbolique et naphtaline ;

n'est ordinairement employée que comme . { Huile créosotée pour imprégnation.

a) }
 b) Huile de graissage.

IV. — 4^e Fraction : Huile à anthracène. — Est filtrée ou pressée à froid, donne :

1. Huiles, sont distillées et donnent : a) Distillatum solide, traité avec IV. 2.
- b) Distillatum liquide, passe à III. b ou est de nouveau distillé.
- c) Résidu de brai, coke, etc.
2. Résidu, est pressé à chaud et donne : a) Huiles traitées comme IV. 1.
- b) Anthracène brut, est lavé avec du naphte, etc., et donne : a) Anthracène.
- β) Dissolution, est distillée et donne : aa) Naphte de nouveau utilisé pour le lavage.
- bb) Phénanthrène, etc., utilisé pour Noir de lampe.

V. — Brai.

Utilisé tel que (pour briquettes ou vernis, etc.) . Brai.
 ou distillé et donne :

- 1^o Anthracène brut, traité comme IV. 2.
- 2^o Huile de graissage, passe à III ou III. b.
- 3^o Résidu Coke.

TRAITEMENT DES PRODUITS BRUTS DE LA DISTILLATION DU Goudron. — Benzols, Pyridine, etc. — Les huiles légères brutes subissent tout d'abord une première rectification, pour les classer en produits d'un point d'ébullition inférieur à 110°, puis de 110° à 140°, puis de 140° à 170°. Le résidu de cette première distillation est renvoyé aux huiles moyennes ou lourdes.

Chacune des parties est ensuite traitée isolément et de la même façon, en la mélangeant avec 10 % d'acide sulfurique, dans un bac doublé de plomb et muni d'agitateurs.

Le naphte, séparé de l'acide par décantation, est lavé d'abord à l'eau, puis par une lessive de soude, une seconde fois à l'eau et enfin rectifié à la vapeur. Suivant la portion d'huile légère traitée, cette rectification finale donne des benzènes à 90 % ou à 50 %, des toluènes, des xylènes, etc.

Dans les usines qui préparent des produits purs, cette rectification se fait généralement dans un appareil à colonnes, établi sur le même principe que ceux employés pour la rectification des alcools industriels.

Les acides de lavage des huiles légères contiennent des impuretés à fonction basique et entre autres la pyridine. Celle-ci peut être extraite par neutralisation à la chaux des résidus acides préalablement étendus, et l'huile séparée de la solution est soumise à une rectification par distillation.

Phénols. — Les phénols sont extraits de la fraction moyenne de la distillation du goudron, désignée dans certains ateliers sous le nom d'huile à acide carbolique dont la densité varie de 0,99 à 1,005.

On mélange intimement ces huiles avec une lessive de soude qui dissout tous les composés à réaction phénolique, tandis que l'huile restante est jointe aux huiles à naphtaline. La solution de phénate de soude est décomposée par un acide (sulfurique ou carbonique) et donne l'acide phénique brut. On peut extraire l'acide phénique pur par nouvelle distillation et cristallisation de la portion distillant entre 175° et 200°. On peut aussi traiter l'acide carbolique brut par le bichromate de potassium et l'acide sulfurique, puis distiller et recueillir entre 170° et 198° pour cristallisation.

Naphtaline. — La naphtaline est obtenue des huiles moyennes ou lourdes préalablement débarrassées ou non du phénol.

On laisse refroidir ces huiles pour faire cristalliser la naphtaline qui est alors égouttée, puis pressée ou turbinée. Le pressage se fait à plusieurs centaines d'atmosphères et à chaud, dans des presses horizontales ou mieux verticales. Cette opération est sensiblement plus coûteuse que le turbinage, à cause de la dépense de vapeur et de la main-d'œuvre qui est plus importante, mais le produit obtenu est beaucoup plus pur.

La naphtaline est ensuite soumise à un lavage à l'acide sulfurique, puis à la soude caustique et à l'eau ; enfin elle est fondue et coulée en plaques, boules, etc., ou bien sublimée.

On peut employer, pour la sublimation, le dispositif, indiqué figure 13, qui permet une marche continue.

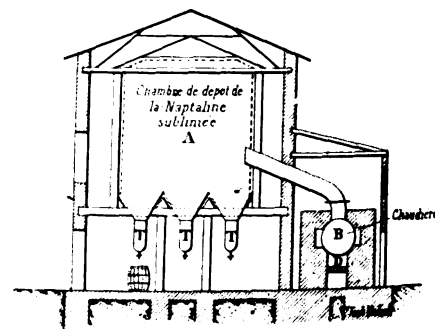


FIG. 13. — Appareil à sublimer la naphtaline. — A, chambre de sublimation ; B, chaudière ; D, foyer ; T, trémies.

L'appareil comprend deux chaudières, fonctionnant alternativement (la figure n'en représente qu'une) et que l'on chauffe soit par des foyers D placés en dessous d'elles, soit par de la vapeur. Les chambres de sublimation sont isolées, de façon que leur régime de température soit indépendant de la température extérieure.

Les flocons de naphthaline, qui se déposent vers les parois des chambres, tombent à la longue par leur propre poids et se rassemblent dans les trémies T, d'où ils sont extraits de temps à autre.

On peut sublimer de 100 kg à 200 kg de naphthaline par 100 m² de chambre et par journée de 12 heures.

Anthracène. — L'anthracène se sépare, par refroidissement et cristallisation, de l'huile à anthracène sous forme d'une masse jaune verdâtre, plus ou moins butyreuse suivant qu'on pousse la distillation pour brai sec ou gras. On la soumet à un pressage énergique ou à un turbinage pour séparer les produits liquides. La masse obtenue contient de 30 % à 35 % d'anthracène.

On peut enrichir ce produit par une série de fusions et de cristallisations successives, ou bien encore par une deuxième distillation et arriver ainsi à une concentration de 40 % à 60 % et plus d'anthracène pur.

Les impuretés qui restent alors sont en majeure partie constituées par le carbazol et le phénanthrène.

Le premier se sépare par fusion du produit avec de la potasse caustique, tandis que le phénanthrène est séparé par épuisement à la benzine lourde.

Les huiles séparées en premier lieu de l'anthracène brut sont généralement utilisées sans autre raffinage comme huile de graissage.

Brai. — Le brai est le plus généralement employé tel qu'il est extrait des cornues de distillation du goudron.

Nous avons vu qu'on pouvait le produire plus ou moins sec suivant le point d'arrêt de la distillation.

Son emploi presque exclusif est, verrons-nous, la préparation des briquettes; dans certains cas cependant, en particulier si l'on a en vue une récupération aussi complète que possible de l'anthracène, on est amené à produire dans la cornue un brai très sec, qui peut alors être additionné d'huiles à créosote ou à naphthaline, afin d'en abaisser artificiellement le point de fusion au degré voulu pour l'emploi auquel il est destiné. Cette addition se fait dans la cornue même où a été produit le brai, avant son écoulement dans les fosses.

Nous ne citerons que pour mémoire la calcination du brai pour en obtenir un résidu solide (coke), de l'anthracène et des huiles à point d'ébullition très élevé. Aujourd'hui, où le brai trouve un débouché très assuré dans les fabriques d'agglomérés, cette opération ne se fait plus que rarement. Les huiles obtenues ne contiennent guère que des hydrocarbures sans emploi spécial et n'ont que peu de valeur par elles-mêmes.

NATURE ET EMPLOIS DES DIFFÉRENTS PRODUITS EXTRAITS DES PRODUITS BRUTS DE LA DISTILLATION DU GOUDRON. — *Benzols* 90 % et 50 %. *Benzines du commerce.* — Ce sont des mélanges de benzène C₆H₆, de toluène C₇H₈ et d'un peu de xylène C₈H₁₀. Le benzol 90 % a pour poids spécifique 0,885 à 15°. 90 parties de ce produit commercial passent à la distillation fractionnée avant 100°; il commence à bouillir vers 81°; il est sec à 120°. Sa puissance calorifique est de 10.033 calories.

Le benzol 50 % ne contient guère plus de 60 % à 65 % de benzène pur, tandis que le benzol 90 % en contient près de 85 %. Sa densité est de 0,880.

Les benzines du commerce sont des produits moins purs, plus lourds au point de vue distillation et plus légers au point de vue densité : 0,80 à 0,85 à 25° (0,855 à 0,875 à 15°). Il existe d'autres fractionnements lourds comme le solvant naphtha.

Ces benzols et benzines servent pour les vernis très siccatifs,

le dégraissage, le nettoyage des étoffes, la dénaturation des alcools (solvent naphtha), la carburation de l'alcool et du gaz d'éclairage, l'éclairage par incandescence, la force motrice (moteurs fixes et moteurs d'automobiles), la dissolution des résines, graisses et caoutchoucs, la fabrication du noir de fumée supérieur. Ils servent encore de point de départ à la fabrication du nitrobenzol, de l'aniline, etc.

Toluène. — Le toluène du commerce, qui est un toluol à 90 % à 120°, commence à bouillir entre 100° et 110°; son poids spécifique est de 0,87 à 15°.

Il s'emploie comme dissolvant et sert de matière première à une foule de matières colorantes, d'explosifs, etc.

Créosotes. — Les créosotes ou huiles de créosote (improprement créols) comprennent diverses huiles moyennes et lourdes; elles contiennent beaucoup de naphthaline (de 5 % à 35 % et plus) et d'acides (de 5 % à 10 %). Leur densité varie de 1,03 à 1,10.

Il n'existe pas de spécification rigoureuse pour délimiter les différentes qualités d'huiles de goudron, dont les fractionnements varient à l'infini et qui servent surtout au créosotage des bois.

Autrefois, on pensait qu'une teneur élevée en acide et faible en naphthaline était favorable pour cet usage. La pratique a montré que les acides s'évaporent à l'air et se dissolvent dans l'eau.

Le mode d'emploi est connu : Les traverses ou poteaux sont rentrés, avec les chariots qui les portent, dans de longs cylindres qu'on ferme hermétiquement, et où l'on fait le vide, puis le plein d'huile de créosote. Sous l'influence de la chaleur et d'une forte pression, l'huile pénètre dans les pores du bois. Les cylindres sont ensuite vidangés en vue d'une nouvelle opération.

La naphthaline, complètement liquide aux températures où doit s'effectuer le créosotage, imprègne facilement le bois, quand le vide préalable a été bien fait. L'anthracène, lui-même, est aussi très utile, car il bouche complètement les pores.

La valeur marchande des créosotes s'établit par distillation fractionnée. En Allemagne, on impose, d'après Lunge, qu'elles bouillent entre 150° au moins et 400° au plus. Entre 150° et 235°, le distillat ne doit pas dépasser 25 % au grand maximum. La contenance en acides exigée est de 10 %. Pour estimer cette teneur, on traite les créosotes par une lessive de soude. Après agitation, on laisse se déposer au fond du vase la solution des corps acides dans l'alcali. Ce liquide alcalin est saturé par l'acide sulfurique jusqu'à ce que les acides organiques viennent sur-nager; on en mesure alors le pourcentage. Si l'on opère trop vite, les résultats obtenus par cette méthode imprécise varient du simple au double.

Acides crésyliques, désinfectants. — Après décantation de la naphthaline solidifiée, on emploie les huiles lourdes comme parasiticide et comme désinfectant. Pour ce dernier usage, elles sont souvent saponifiées avec des résines ou elles contiennent en solution des saponates de soude.

Le type des produits saponifiés, auxquels on donne les dénominations commerciales les plus baroques (créolines, isol, sanatol, lysol, phénoline, etc.), est la crésyline. C'est un liquide brun très foncé avec des reflets dorés, dont quelques gouttes versées dans une éprouvette pleine d'eau donnent une solution laiteuse blanche.

Huiles moyennes, huiles lourdes, huiles vertes ou anthracéniques. — La densité de ces huiles à 15° varie de 1,03 à 1,10; elles distillent entre 150°, 170°, 380° et 400°. Dans les usines qui poussent jusqu'au brai sec, on peut séparer un fractionnement lourd distillant entre 270°, 300° et 400° affecté spécialement à la préparation de l'anthracène.

Ces huiles lourdes de houille sont constituées, d'abord, par la fraction créosotée qui passe pendant la distillation du goudron entre 230° et 270°, ensuite, par les résidus du traitement pour phénol et naphthaline de la fraction passant entre 170° et 230°, et par les résidus du traitement pour anthracène de la fraction qui passe au-dessus de 270°.

On y trouve des hydrocarbures solides en dissolution (naphtaline $C^{10}H^8$, anthracène $C^{14}H^{10}$, etc.), des corps oxygénés (phénol C^6H^5O , etc.), des corps azotés basiques (aniline C^6H^5Az , etc.), enfin des huiles neutres, liquides à la température ordinaire, très peu connues, qui constituent l'élément le plus important.

L'huile lourde, suffisamment débarrassée de naphtaline et d'anthracène pour être entièrement liquide aux plus basses températures ordinaires, est de composition assez variable. Voici des chiffres donnés par M. H. Sainte-Claire Deville :

Carbone	82	%
Hydrogène	7,6	%
Oxygène	10,4	%
Densité à 15°	1,05	
Puissance calorifique	8 916	calories.

En dehors du créosotage, emploi le plus important, et de l'antiseptie, les différentes huiles moyennes et lourdes, plus ou moins décaitées, plus ou moins neutres, sont susceptibles d'applications pour :

- Le lavage du gaz d'éclairage pour arrêter la naphtaline;
- Le lavage du gaz des cokeries pour récupérer le benzol;
- Le chauffage (fours, chaudières, etc.);
- La force motrice (moteur Diesel);
- Le graissage (extracteurs Beale en particulier);
- Le goudronnage des routes (en mélange avec le goudron);
- La fabrication du brai régénéré (goudron artificiel);
- Les vernis noirs à base de goudron ou de brai (carbolineum);
- La fabrication du noir de fumée;
- L'éclairage (lampes Wells et autres);
- Le travail des terres réfractaires.

Une application qui nous paraît susceptible d'une grande extension, en France, est l'alimentation des moteurs très économiques, à combustion interne, genre Diesel, avec lesquels on installe, depuis peu, à l'étranger, des stations d'éclairage électrique et de tramways.

On rectifie parfois l'huile lourde, en particulier pour des applications à l'éclairage.

Naphtaline. — La naphtaline brute est obtenue par décantation, après refroidissement, des huiles moyennes et créosotées. Sa densité est de 0,975 à 15°. Sa couleur peut être brune, mais elle ne doit pas présenter de stratifications jaunes-verdâtres qui caractérisent la présence d'anthracène.

A l'état brut, la naphtaline égouttée contient toujours un peu d'anthracène, des huiles lourdes, des phénols et des corps inconnus auxquels on donne le nom de résines pyrogénées. Elle sert à la fabrication du noir de fumée, de l'encre d'imprimerie.

Après purification, elle se trouve débarrassée de la plus grande partie de son huile et son point de fusion monte au-dessus de 75°. Cette qualité, qui est déjà plus blanche, se vend mieux que la précédente.

On trouve aussi dans le commerce de la naphtaline distillée ou cristallisée rose.

Après avoir été lavée à l'acide sulfurique et redistillée, ainsi qu'il a été dit précédemment, la naphtaline blanche est présentée en petits cristaux ou en poudre, sous forme sublimée, ou enfin en billes ou bougies. Elle ne doit pas se colorer à l'air et à la lumière. Traitée à l'acide sulfurique à 66° B., elle ne doit pas noircir.

La naphtaline rectifiée et purifiée $C^{10}H^8$ fond à 79° et bout à 218°. Son poids spécifique est de 1,152 à 15° et de 0,9778 à sa température de fusion. Sa puissance calorifique est de 9 620 calories.

Elle est employée : comme insecticide, pour la conservation des effets, des peaux, etc.; pour la fabrication des explosifs; comme enrichissant du gaz (bec albo-carbon).

On l'a essayée récemment comme carburant pour les moteurs à explosion avec des carburateurs spéciaux où elle est préalablement fondue.

Pyridine. — C'est un liquide d'une odeur désagréable, employé

comme dénaturant des alcools en Angleterre et en Allemagne.

Phénol. — L'acide phénique brut, ou acide carbolique, ou phénol à 60 % est un liquide brun, retiré des huiles moyennes dont la densité est de 1,05 environ à 15° et qui contient :

Phénol pur cristallisable	60 %	} variables.
Acides créyliques divers	25 %	
Eau	15 %	

Il sert comme désinfectant, insecticide, antiseptique.

L'acide phénique cristallisé est employé :

Pour la production des acides picriques, salicyliques, de la poudre sans fumée et de matières colorantes;

En dissolution dans l'eau, comme désinfectant et antiseptique;

Pour la conservation des os, des peaux, des mélasse;

Pour empêcher la fermentation des graines;

Comme dissolvant de certaines couleurs;

Sous forme de phénols bromés, de phénolates, de savons, etc.

La teneur du produit à 60 % de phénol se détermine par la méthode de Lowe. La pureté de l'acide cristallisable se détermine au moyen de la méthode de Degener, par titrage à l'eau de brome.

Anthracène. — Brut, il n'est pas un produit marchand. Une purification est nécessaire. L'anthracène purifié se vend en poudre ou pains blanc verdâtre, contenant de 30 % à 90 % d'anthracène pur, et ne sert qu'à la fabrication des alizarines. On détermine la valeur marchande du produit en oxydant l'anthracène en solution acétique par l'acide chromique, et le transformant ainsi en anthraquinone (méthode de Luck).

Brai. — Sauf dans quelques cas particuliers, où le brai liquide peut être employé immédiatement et par l'usine même, on fabrique des brais gras, demi-secs et secs.

Le point de ramollissement du brai gras varie de 40° à 50°, son point de fusion de 60° à 70°. Le brai sec se ramollit entre 50° et 100°; il fond entre 70° et 150°. En mâchant un petit échantillon de brai, celui-ci s'effrite s'il est sec, il colle aux dents s'il est gras. Les brais demi-secs ont des caractères intermédiaires entre les précédents. Le poids spécifique du brai est voisin de 1,2.

Un bon brai se compose de 81 % de carbone, 8,5 % d'hydrogène, 10 % d'oxygène, 0,5 % de cendres; il ne doit pas donner plus de 45 % à 55 % de coke et il doit s'étirer à la chaleur en fil longs et flexibles. La qualité du brai dépend dans une large mesure de la qualité du goudron dont il provient; cela est bien évident, et les soins apportés à la fabrication ne peuvent toujours suffire à pallier les défauts d'origine. C'est ainsi que le brai, obtenu au moyen d'un goudron contenant une proportion élevée de carbone fixe, ne sera jamais de bonne qualité pour l'agglomération.

La détermination de la valeur agglomérante d'un brai sur échantillon n'a pas été résolue d'une façon satisfaisante. Commercialement, on s'en réfère au point de fusion et à la teneur en matières volatiles; ces mesures sont fort peu précises et les résultats obtenus varient notablement d'une usine à l'autre, faute d'une méthode unique adoptée officiellement par tous les intéressés.

La fabrication des agglomérés de fines de houille et parfois de poussières de coke absorbe beaucoup de brai. La teneur en brai des briquettes, boulets, etc., peut osciller de 5 % à 10 %, se tenant en général de 7 % à 8 % avec les fines de houilles maigres.

En dehors de ce débouché, de beaucoup le plus important, le brai trouve encore des applications pour divers usages tels que :

Fabrication des cartons bitumés, des tuyaux asphaltés pour l'eau et le gaz, des vernis et goudrons préparés (carbolineum), de l'asphalte artificiel (trottoirs); pose des parquets sur bitume factice (dans les locaux humides); fabrication du noir de fumée; isolant pour conduites électriques; calorifuge, etc.

G. et V.

(1) On retire alors du goudron jusqu'à 80 % de brai liquide.

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER

Nouvelle locomotive Mallet du Canadian Pacific Railway.

Le Canadian Pacific Railway vient de faire construire une machine Mallet présentant certaines particularités des plus intéressantes. Dans cette locomotive, décrite en détail dans la *Revue générale des Arts et Métiers*, l'on a placé les cylindres BP à l'arrière du truck avant, au lieu de les placer à l'avant comme cela se faisait pour les autres machines américaines (fig. 1). Cette disposition a l'avantage de donner à la vapeur un trajet minimum entre les cylindres HP et BP et de supprimer en partie les rotules et joints de dilatation des tuyauteries.

La chaudière (fig. 2) est à surchauffe et à réchauffeur d'eau d'alimentation. Le surchauffeur, qui présente également certaines dispositions intéressantes, se compose d'une série de doubles boucles en tubes d'acier sans soudures de 32 mm, placés verticalement sur le trajet des gaz chauds passant de la chaudière dans le réchauffeur; il y a 69 éléments semblables. Ces tubes n'ont subi aucune déformation en service, bien qu'ils soient exposés aux gaz chauds sans contenir de vapeur, lorsque le régulateur est fermé. Chacun des éléments du surchauffeur peut être démonté séparément; il est relié au collecteur par un écran formant joint. Le réchauffeur a 2^m,445 de long, le surchauffeur 1^m,605 et la chaudière 2^m,775; les tubes de la chaudière sont donc très courts.

Le réchauffeur a 281 tubes de 50,8 mm et 12 tubes tirants de 57 mm, soit une surface de chauffe de 114 m²; la chaudière proprement dite a une surface de chauffe totale de 145 m².

Les cylindres HP sont fixés au châssis, qui porte la chaudière; l'on n'a donc eu de ce côté aucune précaution à prendre pour les joints de tuyauteries.

Un joint de dilatation a dû être prévu pour la tuyauterie entre les cylindres HP et BP. L'échappement des cylindres HP se fait dans un collecteur boulonné sur le fond des boîtes à tiroir HP. De ce collecteur, un tuyau part verticalement, forme une boucle et redescend, en suivant le contour de la chaudière, de façon à ramener son orifice dans le plan médian de la machine, juste au-dessous de la charnière verticale reliant les 2 trucks, où il s'assemble avec un collecteur fixe qui conduit aux cylindres

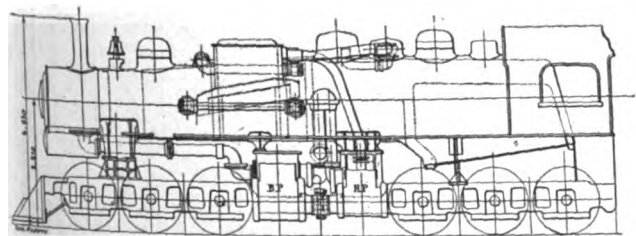


Fig. 1. — Locomotive Mallet du Canadian Pacific Railway.

BP par un joint à dilatation avec segments alternés de fonte et de métal blanc formant presse-étoupe. L'angle de rotation maximum de ce joint de dilatation ne dépasse jamais 5°. Le tuyau d'échappement est unique; il part de la boîte à tiroir BP par un joint à rotule et aboutit également, par un joint à rotule, à la boîte à fumée. Ces deux rotules ont une disposition spéciale permettant, en même temps que l'orientation, l'extension du tuyau. En résumé, la locomotive n'a qu'un joint à dilatation et deux rotules.

Les cylindres ont des tiroirs cylindriques avec distribution du type Walschaert. La machine possède deux changements de marche indépendants, l'un pour les tiroirs HP, l'autre pour les tiroirs BP. Le mouvement de relevage de ces derniers a été rendu flexible, de façon à suivre les déplacements du truck avant

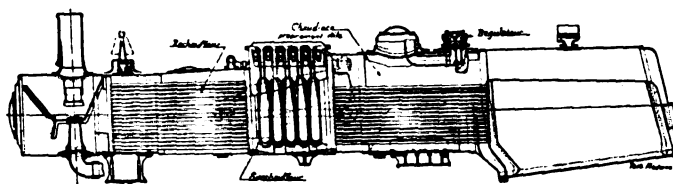


Fig. 2. — Coupe verticale de la chaudière de la locomotive Mallet.

Ces changements de marche sont manœuvrés par un servo-moteur à vapeur.

Les longerons du châssis sont en fer forgé, d'une seule pièce; le truck avant de la machine est relié au châssis à l'aide d'une charnière à axe vertical de 100 mm de diamètre.

Les caractéristiques de cette machine sont les suivantes :

Timbre	14 kg
Surface de grille	5 ^m ,4
Surface de chauffe (y compris le réchauffeur).	258 m ²
Surface de surchauffe	39 m ²
Total général	297 m ²
Cylindres HP	590 × 660
Cylindres BP	864 × 660
Diamètre des tiroirs HP	280 mm
— — — BP	305 mm
Diamètre des roues motrices	1 ^m ,475
Poids total adhérent	119 t
Poids total en ordre de marche	178 t

Aux essais, cette machine a donné satisfaction entière. Elle a remorqué des trains de 637 t sur la section des montagnes rocheuses, où la rampe maximum est de 22‰, avec 2 tunnels en spirale de 887 m et de 980 m présentant des courbes de 175 m de rayon.

La température maximum de la vapeur surchauffée a été 282°. La moyenne de la température est 280°, soit 83° de surchauffe. Enfin la condensation dans les cylindres BP a été excessivement faible.

F. D.

CHIMIE INDUSTRIELLE

Les silico-calcaires.

L'industrie des silico-calcaires a pris, pendant ces dernières années, surtout en Allemagne, une très grande extension. Il est évident, en effet, que la brique silico-calcaire, par son élégance et son imitation, parfois parfaite de la pierre, laisse loin derrière elle la brique d'argile et le bloc de ciment. En France, quelques usines de silico-calcaires ont été construites, mais malgré tout, les conditions de fabrication de ces produits étaient encore peu connues. MM. E. Leduc et de la Roche ont publié récemment, dans le *Bulletin du laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers*, les résultats de longues et minutieuses recherches concernant la composition, la résistance et la fabrication des silico-calcaires.

Comme on le sait, la fabrication des briques en silico-calcaires consiste à cuire dans la vapeur d'eau sous pression un mélange de sable et de chaux comprimé. L'étude complète de l'influence

de ces divers constituants a été entreprise par MM. Leduc et de la Roche et les résultats de leurs essais peuvent se résumer ainsi :

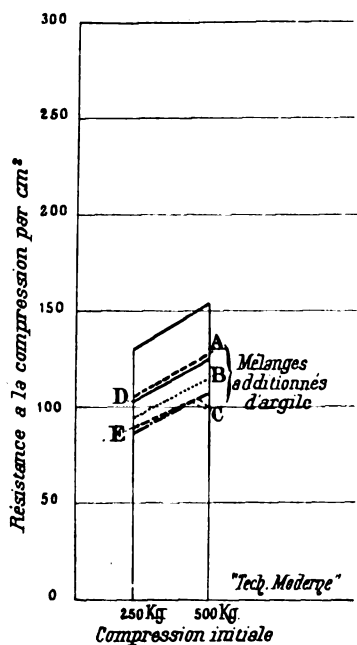


FIG. 1. — Influence des matières diverses.
Pression de vapeur 8 kg.
Durée de la pression de vapeur 6 heures.

Influence de la nature du sable. — Il y a trois sortes de sables, le sable siliceux, le sable argileux, et le sable calcaire. L'emploi du sable calcaire est à rejeter, à moins de forcer la proportion de chaux dans le mélange, mais le prix de la brique ainsi fabriquée est beaucoup trop élevé. En pratique, il faut employer des sables aussi siliceux que possible.

Influence de la nature de la chaux. — a) Chaux grasse : Les essais effectués montrent, qu'à partir d'une certaine proportion de chaux (400 gr de chaux pour 600 gr de sable), qui doit évidemment varier suivant les produits employés, il y a une décroissance dans la résistance. L'on peut également dire qu'une augmentation de pression initiale permet d'employer une proportion moindre de chaux.

b) Chaux hydraulique : La résistance est en proportion directe avec la proportion de chaux hydraulique employée, elle ne présente pas la chute éprouvée avec la chaux grasse.

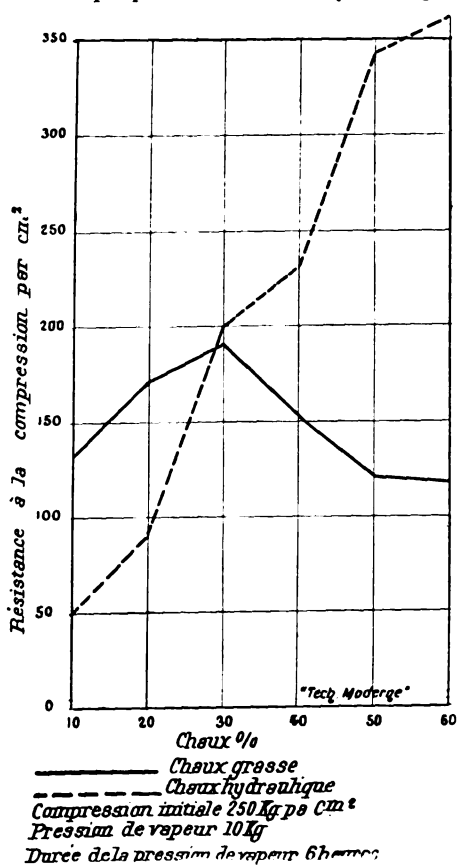


FIG. 2. — Influence de la chaux.
Pression de vapeur 10 kg.
Durée de la pression de vapeur 6 heures.

produit poreux, gélif, et de résistance inférieure. Il importe donc que les matériaux constitutifs soient bien mélangés avant la compression.

Influence de l'eau. — Avec les faibles proportions de chaux employées industriellement, la proportion d'eau à ajouter au mélange doit être très limitée.

Influence de la dessiccation avant cuisson. — Il n'y a aucun inconvénient, au point de vue de la résistance, à laisser séjourner les briques quelques heures à l'air avant l'enfournement. Il faut cependant se garder de placer les briques dans des autoclaves encore chauds si l'opération de durcissement ne commence pas immédiatement.

L'influence de la dessiccation est nulle si les briques sont fabriquées avec de la chaux hydraulique.

Influence de la compression initiale. — La résistance du produit cuit est fonction de la compression donnée au produit cru. Par suite d'un défaut de pression qui a lieu dans la majorité des usines, on obtient des briques peu denses et poreuses.

Influence de la pression de vapeur. — La pression de vapeur, augmentant l'énergie des réactions l'augmentation de pression, détermine un accroissement de la résistance.

Durée de la pression de vapeur. — La résistance est d'au-

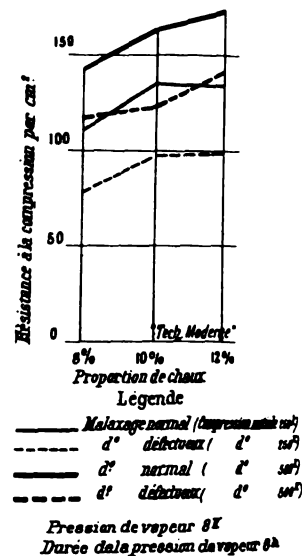


FIG. 3. — Influence du malaxage.
Pression de vapeur 8 kg.
Durée de la pression de vapeur 6 h.

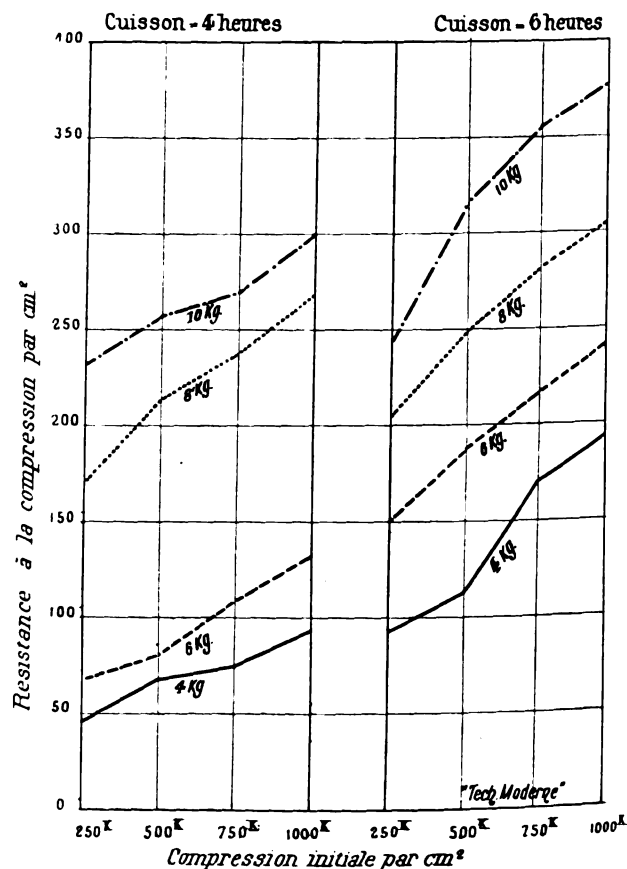


FIG. 4. — Influence de la compression initiale.

tant plus élevée que la durée de pression est plus grande.
Influence d'une addition de verre. — L'augmentation de finesse de la silice (sable fin) employée augmente la résistance.

L'addition d'une proportion relativement peu élevée de verre

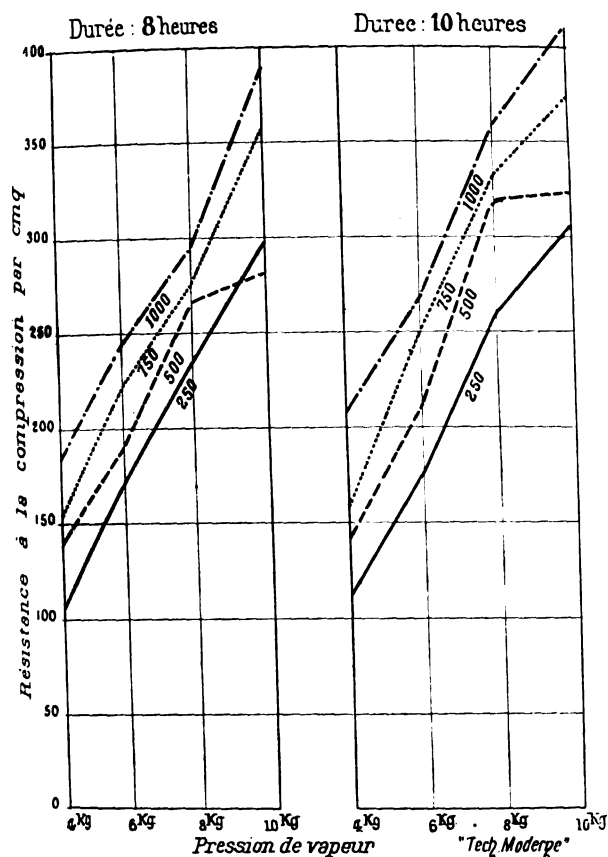


FIG. 5. — Influence de la pression de vapeur.

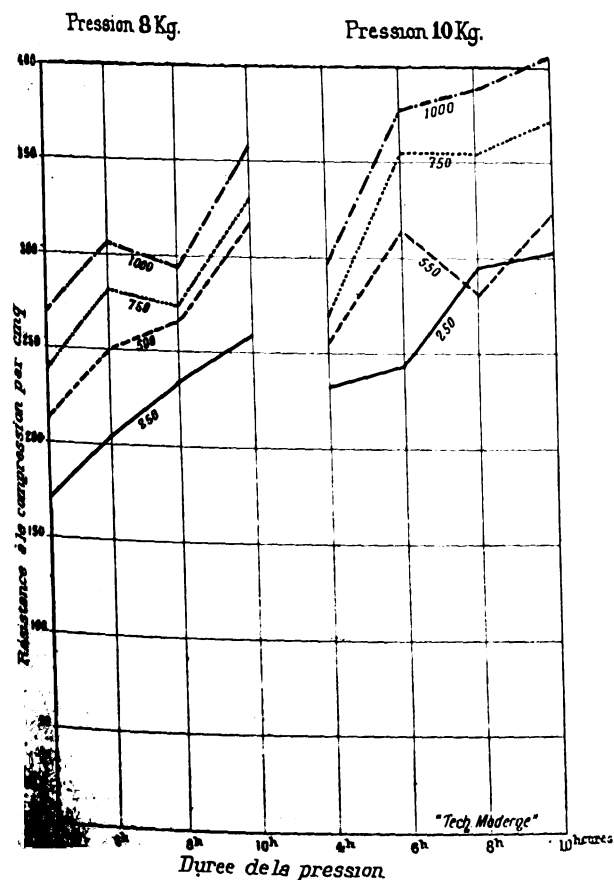


FIG. 6. — Influence de la durée de pression de vapeur.

suffira pour augmenter notablement la résistance du produit.

Influence de la gelée. — Pour éviter l'action de la gelée il faut :
1° Employer de la chaux grasse ;
2° Ajouter d'autant plus de chaux que la pression initiale est plus faible.

Les résultats de ces divers essais ont été représentés graphiquement sur les figures 1 à 7.

Conclusions. — Pour fabriquer un bon produit silico-calcaire il faut : comprimer à une pression aussi élevée que possible un mélange très bien malaxé de sable siliceux et de chaux grasse parfaitement éteinte ; cuire ce mélange aussi longtemps que possible à la pression la plus élevée.

FABRICATION DES SILICO-CALCAIRES. — Nous ne donnerons ici que les grandes lignes relatives à la fabrication de ce produit. Cette fabrication peut se diviser en trois phases :

1° Mélange des matières premières sable et chaux ; 2° briquetage ; 3° cuisson.

1° *Mélange.* — Le mélange peut se faire de trois façons différentes :

a) En ajoutant au sable de la chaux éteinte et en effectuant le mélange dans des appareils mélangeurs ;

b) En utilisant la chaux vive broyée en poudre fine que l'on mélange au sable.

C'est le procédé dit de « silotage ».

Le mélange obtenu est déversé dans de grands silos où il est laissé vingt-quatre heures, quarante-huit heures, ou même plus longtemps si l'on veut obtenir un mélange parfait.

On emploie dans ce procédé l'humidité du sable pour éteindre la chaux, ce qui peut présenter un certain nombre d'avantages surtout l'hiver ;

c) En mélangeant le sable avec la chaux vive en poudre et en éteignant par la vapeur d'eau sous pression dans des appareils spéciaux.

C'est le procédé dit « par extinction » ;

2° *Briquetage.* — La transformation du mortier en briques se fait par des presses hydrauliques ou mécaniques. Les premières sont peu employées. Les dernières sont verticales, horizontales, à table tournante à action progressive ou à choc ;

3° *Cuisson.* — Les briques placées sur des wagonnets sont enfermées dans les autoclaves où elles sont soumises à l'action de la vapeur d'eau à 7 kg ou 8 kg de pression.

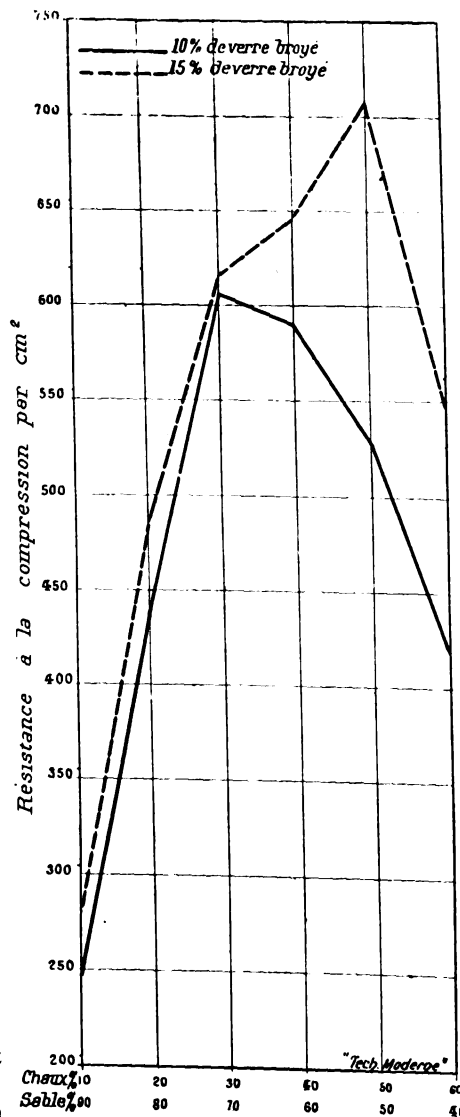


FIG. 7. — Influence d'une addition de verre pulvérisé.

F. D.

CONSTRUCTIONS NAVALES

Les chantiers et ateliers de Saint-Nazaire (Penhoët).

« Les chantiers et ateliers de Saint-Nazaire, placés à l'embouchure de la Loire, forment, en raison de leur puissance de production, de leur direction énergique, de leur outillage, un groupe de premier ordre qui peut concurrencer victorieusement ses rivaux. » C'est en ces termes que notre confrère *Engineering*, parle de ces grands établissements de constructions navales.

Ces chantiers furent installés, en 1861, par MM. Scott et C^{ie}, de Greenock, à la demande de la Compagnie générale Transatlantique. A ce moment, on était en pleine guerre du Mexique et la Compagnie Transatlantique put fournir un certain nombre de paquebots pour les transports, paquebots qui furent construits à Penhoët. En 1862, la Société des Chantiers avait 600 ouvriers. En 1865, quand les Anglais quittèrent les usines, il y en avait 1800. Ce fut en 1900 que la Compagnie Transatlantique, eu égard à l'importance acquise par sa création, décida de la mettre sous l'égide d'une Société spéciale dénommée plus haut. Cette Société fut formée au capital de 8 millions de fr, comprenant 16 000 actions de 500 fr, dont 14 000 furent attribuées à la Compagnie générale Transatlantique en représentation de ses apports. En 1908, le capital a été porté à 12 millions de fr.

Le premier bateau construit à Penhoët fut l'*Impératrice-Eugénie* et fut lancé en 1864; c'était un vapeur à roues de 3 200 t. En 1870, Penhoët construisit la *Ville-de-Brest*, steamer de 2 676 t et 2 800 chevaux, qui fut le premier bateau français à hélices. Les paquebots de l'Atlantique, de la Compagnie générale Transatlantique, ont été construits dans ces chantiers; on les connaît pour la plupart, ce sont : la *Champagne*, la *Bretagne*, la *Touraine*, la *Lorraine*, la *Savoie*, la *Provence* (ce dernier est de 19 200 t, il a 191 m de longueur et est commandé par des machines à pistons de 30 000 chevaux) et le *Charles-Roux*, du service Marseille-Alger (4 600 t, 121 m de longueur) qui est le premier vapeur à turbines construit en France.

Actuellement, la Société de Penhoët a en construction, pour la même Compagnie, le paquebot *France* (27 000 t, 218 m de longueur, à turbines), qui fut lancé le 20 septembre dernier, et le paquebot *Rochambeau*, lancé le 2 Mars 1911, qui sera actionné par une combinaison de machines à pistons et de turbines. La Société de Penhoët construit également des bateaux pour d'autres Compagnies. Elle a terminé, en 1909, le croiseur-cuirassé *Ernest-Renan*, le plus rapide et le plus puissant de la marine française. Ce croiseur a un déplacement de 13 600 t, et est actionné par 3 hélices au moyen de 37 000 chevaux produits par des machines à pistons. Sa vitesse est de 24 nœuds 1/2.

Les chantiers de Bretagne sont les concessionnaires pour la France des turbines Parsons. Ils viennent d'achever la construction du *Diderot*, un des six Dreadnoughts français de 18 400 t, commandé par des turbines, faisant partie du programme de 1906 et qui fut lancé le 19 avril 1909. En outre des turbines de 22 500 chevaux de ce bâtiment, les chantiers en construisent deux séries pour deux autres bâtiments : le *Condorcet* et le *Mirabeau*; les chantiers ont reçu également la commande des turbines du *Courbet*, un des deux Dreadnoughts du programme de cette année, dont les caractéristiques sont les suivantes :

Longueur, 165 m; largeur, 27 m; tirant, 9 012 m puissance des turbines, 29 000 chevaux attaquant 4 hélices.

Armement : 12 canons de 305 mm, 20 canons de 140 mm, 4 canons de 47 mm à tir rapide et 4 tubes lance-torpilles.

Les chantiers de Saint-Nazaire communiquent avec le chemin de fer d'Orléans, de l'Ouest-Etat, avec la Loire. Une des extrémités des chantiers est réservée au dépôt des barres, des tôles, des gabarits et des ateliers de dressage. Une grue derrick dessert cette partie; elle a un fût ou treillis de 44 m de hauteur et

une volée maximum de 30 m de rayon. La partie supérieure du fût est maintenue par trois forts câbles d'acier. La volée et le fût peuvent tourner d'une circonférence complète. Les mouvements de levage et les autres sont effectués au moyen de trois moteurs électriques placés dans une cabine située à la base du fût. Les plans de cet appareil sont dus au Titan anversois d'Hoboken; mais il a été construit par la Société de Penhoët. La salle à tracer a 88^m,20 sur 22^m,20; elle comprend une partie pour le traçage des tôles et une pour les gabarits; chacune d'elles est desservie par un pont-roulant électrique de 5 t. L'atelier de traçage possède les machines voulues telles que : scies circulaires, scies à rubans avec bâtis mobiles pour découper les différents modèles. En dehors de ce local, se trouvent deux séries de machines à planer commandées électriquement pour le dressage à froid de tôles, pouvant avoir 3 m de longueur et 26 mm d'épaisseur.

L'atelier de préparation des tôles et profilés pour la coque a 10 000 m² de superficie et est divisé en trois travées; on y trouve des poinçonneuses capables de percer des trous de 32 mm de diamètre dans des tôles de 35 mm d'épaisseur et de 60 kg de résistance. Les plus grandes cisailles peuvent découper des tôles de l'épaisseur précédente et du même acier. Les machines à chanfreiner peuvent prendre des tôles de n'importe quelle longueur; elles sont des modèles les plus récents, des moteurs de 40 chevaux les commandent. Les perceuses radiales ont des bras de 4 m de rayon et travaillent en séries sur des tôles de 15 m de longueur et 3 m de largeur. Une machine à cintrer les galbords permet d'exercer une pression de 400 t et prend des tôles de 10 m de longueur.

Un four à profilés prend des longueurs de 27 m et est ouvert aux deux extrémités; on peut cintrer les barres à ces extrémités. Toutes les tôles sont cintrées à froid. L'atelier a une distribution d'eau sous pression de 100 kg par centimètre carré alimentée par quatre pompes, dont l'une débite 50 litres par minute.

Des grues hydrauliques desservent les machines-outils de l'atelier.

Les chantiers de Saint-Nazaire possèdent six puissantes machines hydrauliques à river, de 40 t, montées sur trucks qui servent au rivetage des coques. L'eau, sous pression, leur est fournie par l'atelier des tôles. Toutes les membrures, plates-formes et planchers, sont rivées hydrauliquement. Il en est de même des enveloppes de chaudières et des plaques extrêmes de ces chaudières. Les autres parties des bateaux sont rivées avec des machines à air comprimé.

Les profilés sont préparés dans un atelier spécial, avec grue de 1 500 kg et de 15 m de volée. Un petit atelier de 1 500 m² contient les machines pour les petits travaux (cintrage, poinçonnage de petits trous, etc.). Une forge renferme 20 foyers et plusieurs marteaux à vapeur, dont le plus gros est de 2 t, pour le travail des petites pièces de forge et les réparations urgentes. La Société commande ses grosses pièces de forge à l'extérieur.

Les cales de construction ont leurs fondations en maçonnerie et sont au nombre de six, dont trois méritent une mention spéciale. Une de ces cales est capable de recevoir des bateaux de 150 m de longueur et de 20 m de largeur; une deuxième est destinée aux bateaux de 170 m de longueur et de 29 m de largeur; une troisième pour ceux de 225 m sur 29^m,5. La pente des cales est de 60 mm par mètre. Une des cales est constituée par trois murs parallèles, dont les deux extrêmes forment des guides pour le bateau; le lancement a lieu sur un berceau.

L'inclinaison de la maçonnerie peut varier; la valeur de l'inclinaison augmente depuis le sommet des voies. Le chemin de glissement est bombé avec un rayon de 9 500 m, sur une pente qui varie de 45 mm à 65 mm par mètre. Le *Diderot* fut construit sur cette cale. Une autre cale de construction analogue à la précédente a servi à la construction du paquebot *France*. Le berceau

qui est employé est attaché solidement à la coque du bateau et n'est enlevé qu'ultérieurement.

Les cales sont desservies par six grues électriques qui sont montées sur des trucks. Une de ces grues a une volée de 22 m; trois autres ont un rayon de 17^m,50 et les deux dernières, un rayon de 14^m,50. Leur hauteur totale de levage est de 45 m; leur charge maximum de 4 t à l'extrémité de la volée, et de 8 t à moitié du rayon. On utilise d'ailleurs ces grues pour deux bateaux contigus quand cela est nécessaire. Une grue peut manipuler, par exemple, 100 t de tôle et de profilés par semaine. Avec 4 grues on peut donc monter 1 600 t par mois; c'est ce nombre d'appareils de levage qui est nécessaire pour un bâtiment de guerre ou un grand paquebot, tandis que deux suffisent pour les cargo-boats et les petites unités.

L'atelier de construction des chaudières a une longueur totale

de 130 mètres et une superficie de 8 000 m². Les chaudières de *La France* ont 5^m,4 de diamètre et 7 m de longueur. Elles pèsent 100 t chacune sans leurs accessoires. Une travée de cet atelier sert à réparer et à construire les locomotives et à assembler les fonds des chaudières; on rive les chaudières dans les autres travées, qui contiennent les riveuses hydrauliques, les presses et le reste de l'outillage (perceuses, chanfreineuses, planeuses, meules, etc.). La chaudronnerie possède une installation complète à air comprimé, pour dériver, river, découper, etc. Huit ponts roulants électriques, d'une puissance variant de 10 t à 70 t, la desservent. Le hall où l'on construit les plus grandes chaudières a un pont de 70 t et un pont de 50 t qu'on peut faire agir simultanément pour soulever 120 t; 500 hommes sont employés dans cet atelier où l'on dispose d'une puissance de 250 kw et où l'on fabrique annuellement 100 chaudières à double fond, de 5 m de diamètre. La Société construit aussi les chaudières Du Temple, White Forster et d'autres types. Son installation d'air comprimé comprend trois compresseurs à air; 78 m³ d'air sont aspirés par minute; cette installation a des ramifications dans tous ses ateliers ou voies. Les outils à air comprimé comprennent des machines à percer pour tous diamètres, depuis 4 mm jusqu'à 100 mm, des marteaux pneumatiques, des riveuses pour diamètre allant jusqu'à 28 mm.

La construction des turbines pour les cuirassés et les paquebots a nécessité la création d'une usine spéciale qui contient des machines-outils pour des diamètres de 5 m et des poids de 60 t. Il y a quatre ans, la Société n'avait que l'installation pour la construction des machines à mouvement alternatif; ses ateliers se sont considérablement agrandis depuis qu'elle a entrepris la construction des turbines pour les Dreadnoughts et les grands paquebots.

On y emploie deux méthodes pour équilibrer les rotors de turbines : à froid (les rotors étant mûs par une dynamo de 50 kw), et dans la vapeur à 8 kg. L'atelier des machines outils de cette division comprend les machines suivantes : une aléuseuse

horizontale, capable d'aléser des diamètres de 5 m sur une longueur atteignant 13 m; la hauteur totale du centre, au-dessus de la plaque de base, est de 2^m,894; un moteur de 50 chevaux commande cette machine. Deux autres aléuseuses sont actionnées, chacune, par un moteur de 36 chevaux; ces trois machines travaillent à la vitesse de 12 m par minute dans de la fonte à grain fin, avec des passes de 10 mm à 25 mm de largeur.

Une raboteuse puissante usine les extrémités des stators; elle a un déplacement horizontal de 7^m,5 et un déplacement vertical de 6 m; sa vitesse de coupe est de 9 m par minute pour une largeur de coupe de 40 mm à 45 mm; un moteur de 45 chevaux la commande.

Une autre machine puissante permet d'aléser, percer, tarauder et fraiser; 3 ponts roulants de 50 tonnes desservent cet atelier;

300 kw lui sont affectés. Les turbines de *La France*, d'une puissance totale d'environ 45 000 chevaux, et les turbines à vapeur d'échappement du *Rochambeau* sont construites par la Société de Penhoët. Celles du *Courbet* (programme de 1910), construites également aux chantiers, auront une puissance d'environ 30 000 chevaux; celles du destroyer *Dehorter*, 15 000 chevaux; les machines à mouvement alternatif et les turbines du *Rochambeau*, 12 600 chevaux.

Les chantiers ont une petite fonderie de bronze et de laiton qui contient six fours à creusets, dont quatre du système Rousseau. Elle fond 15 t par mois.

Dans l'atelier d'outillage on trempe les outils en les chauffant dans un tube et on les fait revenir au bain de sable. On emploie beaucoup d'acier à coupe rapide.

Un atelier de menuiserie occupe un emplacement de 11 mètres × 82 mètres et contient toutes les machines à travailler le bois et à l'étuver. Les étuves sont alimentées par des ventilateurs à air chaud stérilisant.

La centrale électrique contient une turbine Parsons de 650 kw,

une machine-pilon à soupape de 550 kw, et une machine horizontale de 350 kw. Six chaudières les alimentent. La distribution électrique est à 3 fils à 220 volts entre chaque fil; le fil neutre est mis à la terre. Les gros moteurs sont à 440 volts, les petits à 220 volts.

Trois bassins de radoub sont situés près des chantiers; le plus grand a une longueur maximum de 220 m et une largeur de 64 m.

Les deux autres qui sont des bassins secs ont les dimensions suivantes 118 m × 13 m et 163 m × 18 m. Ils appartiennent à l'Etat qui les a loués à la Compagnie Transatlantique et aux Chantiers.

La charpente de la grande grue de 150 t a été construite par Moisant, Laurent et Savey, d'après les plans du Titan anversois; elle a une colonne de 47 m de hauteur, avec chemin de roulement à sa partie supérieure, sur lequel repose la grue proprement dite. Il y a deux chemins de roulement dans la flèche de la grue sur lesquels deux treuils se déplacent; le plus petit est situé au-dessus de l'autre et est commandé par un moteur de 15 chevaux,

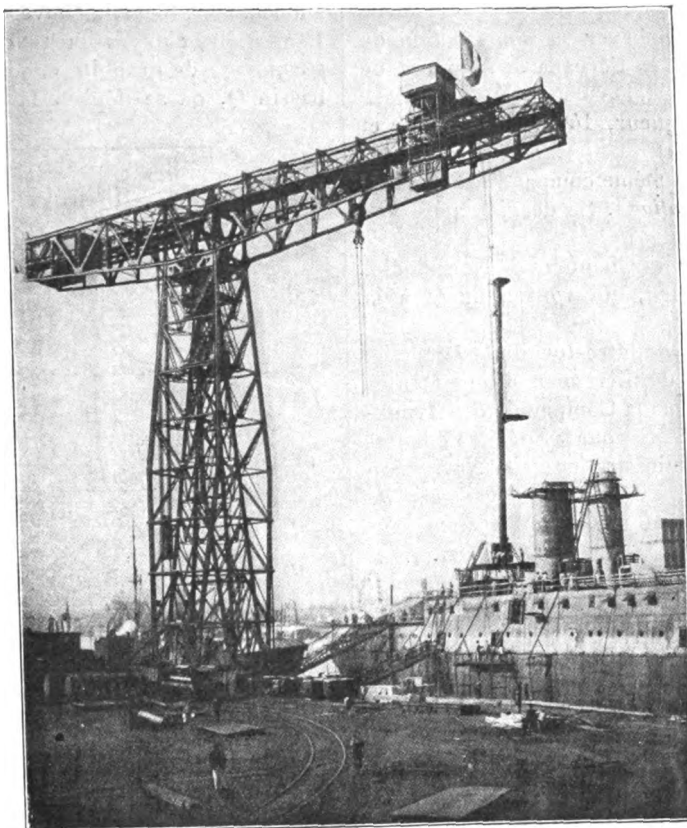


FIG. 1. — La grande grue de 150 tonnes des Chantiers de Saint-Nazaire.

le plus grand est commandé par un moteur de 50 chevaux. Le premier est à 52^m,460 du niveau du sol, le second à 49^m,750. La grue lève 150 t à un rayon de 20 m; 120 t à 23^m,900; 100 t à un rayon de 27^m,600; 80 t à 32^m,06 et 60 t à 38 m. A cette distance, la grue peut desservir deux bateaux.

En outre de cette grue, il y a une grue flottante de 80 t et un derrick de 80 t sur le quai.

Les chantiers disposent, pour lutter contre l'incendie, d'une pompe qui peut fournir 60 t d'eau par heure, à une pression de 7 kg par centimètre carré, et d'une deuxième pompe qui donne 30 t à 3 kg.

Les chantiers ne laissent rien à désirer en ce qui concerne l'hygiène. Ils sont pourvus de réfectoires, de filtres à sable, de deux stériliseurs, l'un employant l'ozone, l'autre les rayons ultra-violet; les forges et la menuiserie ont des aspirateurs de fumées ou de poussières. Des institutions de prévoyance ont été créées.

La Société de Penhoët vient d'achever la construction du paquebot *Mantaro* pour la Compañia Peruana de Vapores de Callao.

Ce navire mesure 109^m,70 de longueur, 14^m,50 de largeur et marche à 13,5 nœuds.

Elle termine actuellement, pour la même compagnie, 2 navires du même type, le *Pachitea* et le *Huallaga*. Ce dernier aura une vitesse de 16 nœuds.

Ces navires ont été construits par les Chantiers de Normandie, situés à Grand-Quevilly, près Rouen, qui appartiennent à la Société de Penhoët, depuis 1901.

Ces chantiers construisent encore le contre-torpilleur *Dehorter*.

La Société de Penhoët a reçu dernièrement d'importantes commandes : le cargo *Mont-Viso*, pour la Compagnie des Transports Maritimes; le pétrolier *Radioléine* pour la Société Pétroles-Transports; la *Mahsousse* pour l'Administration de la Navigation Ottomane; 2 navires destinés au cabotage des vapeurs de Constantinople et 4 canonnières de 510 t pour le gouvernement Ottoman.

P. B.

ÉLECTROCHIMIE

Nouvel électrolyseur à cathode mercurielle pour la préparation du chlore et de la soude caustique (Système Whiting).

L'électrolyseur dû à M. J. Whiting, a été étudié avec l'assistance de MM. C. F. Burgess, professeur à l'Université de Wisconsin, et W. Hoopes, de l'Aluminium Company. C'est un élément à électrode mercurielle servant à la décomposition des chlorures alcalins. Les éléments de ce genre sont, théoriquement, les meilleurs, parce qu'ils ne comportent pas de diaphragme et produisent immédiatement un alcali caustique pur. En pratique, beaucoup de difficultés contrarient leur bon fonctionnement et, bien que plusieurs de ces appareils aient été imaginés depuis une vingtaine d'années, celui de Castner est à peu près le seul qui soit employé. Fréquemment, d'autre part, des éléments qui avaient donné de bons résultats dans les installations d'essai ont échoué complètement dans l'industrie.

Une première difficulté provient de la nécessité qu'il y a d'enlever régulièrement l'amalgame de sodium de la chambre de décomposition, sous peine de voir se produire des réactions secondaires, lorsque la concentration devient trop forte. Dans l'élément ordinaire, l'amalgame s'écoule en formant une nappe de grande section; l'écoulement est régulier par suite des frottements intérieurs.

Dans l'élément Whiting, le fonctionnement est intermittent dans chaque élément, en ce sens qu'une quantité déterminée de mercure est employée dans chacun des appareils et y reste jusqu'à ce qu'une certaine quantité d'amalgame soit formée; le

mercure est alors enlevé pour être remplacé par du métal frais.

L'élément (fig. 1) est constitué par une cuve en béton, partagée en deux compartiments A et B; le plus grand de ces compartiments, A, est le compartiment de décomposition; il est divisé lui-même, par des cloisons de verre C, en sections dont le fond présente une double déclivité, vers une rigole D, aboutissant dans le petit compartiment B, où elles sont fermées (fig. 2, p. 367) par des soupapes à ressort E, commandées par un arbre G à cames F, tournant lentement. Du côté opposé, les rigoles sont reliées l'une à l'autre par un canal H, dit niveau de distribution, en communication avec un canal I, qui traverse l'une des parois et se prolonge jusqu'à une pompe J placée à l'extrémité du compartiment d'oxydation. Du mercure recouvre le fond du compartiment électrolyseur. Les anodes K (fig. 3, p. 367), formées de plaque de graphite Acheson perforées pour permettre le passage du chlore, reposent sur des rebords L; des conducteurs de graphite M, fixés à ces anodes, traversent le couvercle N et sont connectés aux barres. La chambre d'oxydation est divisée en trois canaux P, munis d'un garnissage de graphite et placés en cascade, jusqu'au niveau du bassin Q, où se déplace la pompe rotative J; cette pompe est

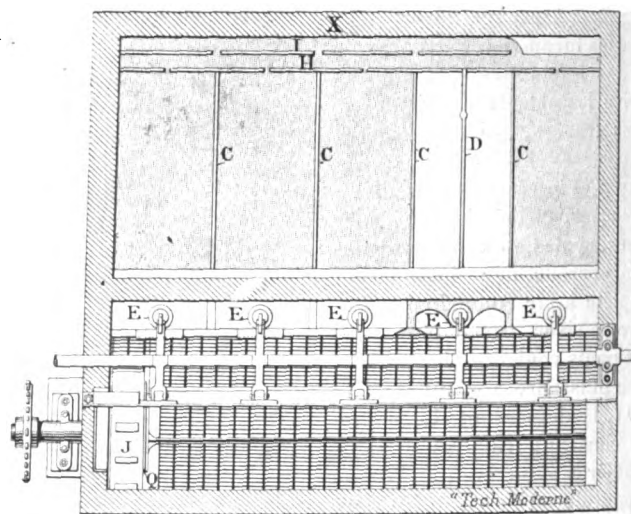


FIG. 1. — Sectionnement de l'électrolyseur à cathode mercurielle.

en grès (stoneware). La chambre d'électrolyse est remplie de saumure et on verse de l'eau dans la chambre d'oxydation. Le contact avec le mercure est assuré par des plaques de fer encastrées dans le béton et reliées par des tiges R aux barres négatives.

Lorsque le courant est établi sur l'élément, la saumure se décompose; le chlore se dégage aux anodes et s'échappe vers le haut; le sodium, qui se prépare à la surface du mercure, s'amalgame au bout de deux minutes environ; la soupape est soulevée et l'amalgame s'écoule rapidement dans la chambre d'oxydation. La came est conformée de façon que la soupape se referme exactement lorsque l'amalgame est entièrement transvasé. Du mercure pur remplit alors le compartiment. Pendant ce temps, l'amalgame passe sur les plaques de graphite étagées du compartiment d'oxydation et abandonne son sodium. L'écoulement se fait avec une vitesse telle qu'en arrivant au bassin de la pompe le liquide est du mercure pur. Ce mercure est élevé par la pompe et déversé dans le canal I. Plusieurs éléments sont placés côte à côte; leurs soupapes sont actionnées successivement. L'appareil constitue donc un électrolyseur à marche continue.

Les conditions de fonctionnement sont très favorables. Les électrodes sont très rapprochées et parallèles. La distribution du courant est uniforme, la couche d'électrolyte faible et l'électrolyse se fait d'une manière régulière.

Pour assurer cette régularité, il faut que la saumure soit

la hauteur de chute, et si on désigne par V cette vitesse, on a, pour les turbines à impulsion :

$$V = \sqrt{2gh}$$

et pour les turbines à réaction :

$$V < \sqrt{2gh}.$$

Ces définitions permettent de voir que les turbines à réaction peuvent fonctionner immergées dans le bief d'aval. Ce dispositif présente un gros avantage : grâce à lui, on peut utiliser la hauteur totale de chute. Mais ce gain est atténué par un inconvénient : toute surveillance et tout entretien de la turbine sont par lui, rendus impossibles.

Aussi a-t-on cherché à réaliser les avantages de la turbine noyée sans en subir les inconvénients. On y est parvenu par un artifice ingénieux : le tube d'aspiration de Jonval. Ce dispositif permet, à la fois, d'utiliser la hauteur totale de chute et de laisser fonctionner la turbine émergée (fig. 1). Il est basé sur un principe d'hydrostatique : le principe des différences de pressions qui est également appliqué dans le baromètre.

La couronne mobile se trouve dans une chambre close, empêchant l'entrée de l'air.

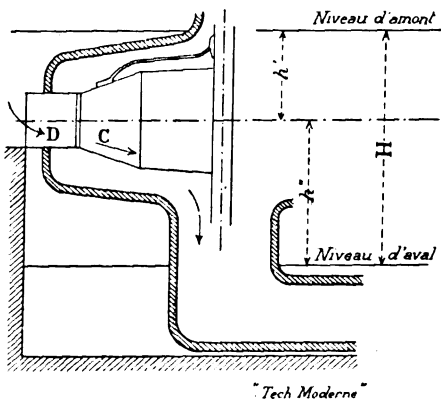


FIG. 1.

La pression, qui s'exerce de bas en haut, sur le plan médian de la turbine, est moindre que la pression atmosphérique. En effet, après amorçage de l'appareil, cette pression est égale à la pression atmosphérique diminuée de la pression due à la colonne d'eau de hauteur h'' qui remplit le tube. On perd ainsi une hauteur de chute précisément égale à h'' , mais on a aussi une pression inférieure due à cette hauteur h'' , ce qui établit la compensation.

ÉTUDE GÉNÉRALE DU MOUVEMENT DE L'EAU DANS UNE TURBINE. DEGRÉ DE RÉACTION. — On peut considérer, sans erreur sensible, que l'eau circule dans une turbine, en régime permanent. Dans ces conditions, le théorème fondamental de l'hydrodynamique, c'est-à-dire le théorème de Bernoulli, est applicable (fig. 2). Considérons une molécule d'eau partant du niveau d'amont avec une vitesse initiale nulle.

Appelons V sa vitesse et p sa pression à la sortie du distributeur. Soit p_a la pression atmosphérique et oo' le plan médian de la turbine qui nous sert de plan de comparaison. Nous pouvons écrire :

$$\frac{p_a}{\gamma} + h' = \frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma}.$$

Ajoutons h'' aux deux membres, l'égalité subsiste :

$$\frac{p_a}{\gamma} + H = \frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + h''.$$

Et en faisant passer $\frac{p_a}{\gamma}$ dans le second membre, il vient :

$$H = H' + \frac{p}{\gamma} - \frac{p_a}{\gamma} + h''.$$

Nous pouvons, en effet, désigner par H' la quantité $\frac{V^2}{2g}$ qui correspond à la hauteur piésométrique, car :

$$V^2 = 2gh \quad \text{d'où} \quad \frac{V^2}{2g} = h.$$

Ceci peut encore s'écrire, en retranchant H' , et en désignant par H'' la différence $H - H'$.

$$H'' = \frac{1}{\gamma} [p - (p_a - h''\gamma)]$$

Or, la quantité $(p_a - h''\gamma)$ n'est autre chose que la pression statique p' , et on arrive finalement à l'expression :

$$H'' = \frac{1}{\gamma} (p - p').$$

D'autre part, le travail que reçoit la turbine en 1 seconde, est égal au produit de la hauteur de chute par le poids de l'eau tombée pendant ce temps :

$$\bar{S} = P \times H$$

et ce travail est la somme de deux travaux : l'un PH' qui est dû à la force vive de l'eau, l'autre PH'' qui est le travail de réaction dû aux pressions :

$$\bar{S} = PH' + PH''.$$

On appelle degré de réaction le rapport $\frac{H''}{H}$. Ce qui s'annonce :

Le degré de réaction est le rapport de la hauteur correspondant à la différence des pressions à l'entrée et à la sortie de la couronne mobile, à la hauteur totale de chute. En pratique, ce rapport varie entre 0,5 et 0,7 pour les turbines à réaction. Il est nul pour les turbines à impulsion puisque, par définition, la pression est la même à l'entrée et à la sortie de la couronne mobile.

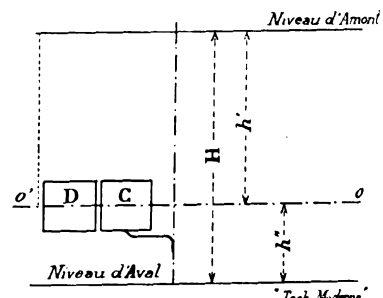


FIG. 2.

RENDEMENT. PERTES DE CHARGE. — Nous venons de voir que le travail fourni en 1 seconde par la chute avait pour expression $P \times H$. D'autre part, le travail fourni par la turbine a une expression qui varie avec l'usage qu'on en fait.

On définit le rendement : le rapport de la puissance, mesurée sur l'arbre moteur, à la puissance disponible donnée par l'expression $\frac{P \times H}{t}$. Ce rapport est toujours inférieur à 1 et varie avec les différents types de turbine entre 0,75 et 0,85.

A quoi est donc due cette diminution de puissance ? A plusieurs causes : les frottements dans les conduites forcées, les chocs quand l'eau pénètre dans la couronne, la vitesse perdue à la sortie de cette même couronne. Cette troisième cause est, de beaucoup, la plus importante. Aussi, s'efforce-t-on de réduire au minimum la vitesse de l'eau à la sortie de la turbine. L'ensemble de ces trois causes correspond, dans les appareils, à une perte de charge de 10,5 % à 14 %.

D'autres causes viennent s'ajouter aux précédentes : les prises inévitables qui se produisent entre la couronne mobile et le distributeur et enfin les résistances passives de la turbine. Au total, les pertes de charge réduisent le rendement de 15 % à 22 %.

DÉTERMINATION DES ÉLÉMENTS D'UNE TURBINE. INFLUENCE DU TRACÉ DES AUBES SUR LA VITESSE DE ROTATION. — Le but que l'on se propose toujours dans la construction d'une turbine, c'est : d'une part, de faire entrer l'eau, sans chocs, dans la couronne mobile, d'autre part, de l'en faire sortir avec la plus petite vitesse possible. Il est certain que tous les calculs que l'on peut faire pour réaliser ces conditions, ne sont qu'approchés. C'est ce qui explique les divergences que l'on note chez les différents constructeurs.

Si nous désignons par V_1 la vitesse de l'eau à la sortie de la couronne mobile et par Σn la somme des pertes de charge dues

aux frottements, chocs, fuites, résistances etc., la puissance obtenue sur l'arbre moteur en une seconde, s'exprime par :

$$P \left[H - \frac{V_1^2}{2g} - \Sigma n \right].$$

Le rendement étant le rapport de cette puissance à la puissance disponible PH, pour l'améliorer il faut s'attacher à rendre la quantité

$$\left[H - \frac{V_1^2}{2g} - \Sigma n \right]$$

aussi grande que possible.

Ici, interviennent de longs calculs qui nous feraient sortir du cadre que nous nous sommes fixé. Qu'il nous suffise de dire que ces calculs portent sur la vitesse relative de l'eau par rapport à la couronne mobile.

Ils tendent à prouver que, pour obtenir, sans chocs, l'introduction de l'eau dans la couronne mobile, il faut rendre le vecteur qui représente cette vitesse relative W tangent au premier élément de l'aube.

D'autre part, pour réduire le plus possible la vitesse de l'eau à sa sortie de la couronne mobile, il faut la faire sortir suivant un rayon (fig. 3).

En effet, traçons le triangle des vitesses à la sortie. Appelons u_1 la vitesse périphérique de la couronne, V_1 la vitesse relative de l'eau à sa sortie et W_1 la vitesse résultante. Dans le triangle de côtés u_1 , V_1 , W_1 , on a :

$$V_1^2 = u_1^2 + w_1^2 - 2u_1w_1 \cos \gamma$$

où :

$$V_1^2 = (u_1 - w_1)^2 + 2u_1w_1 [1 - \cos \gamma]$$

Or, nous nous proposons de rendre V_1^2 aussi petit que possible. Il nous faut donc faire γ voisin de zéro et $u_1 = W_1$.

Pratiquement, on ne peut pas faire l'angle γ plus petit que 20° , car le débit de l'eau entre deux aubes ayant pour l'expression :

$$V = S \sin \gamma \times V$$

serait nul pour $\gamma = \text{zéro}$.

TRACÉ DES AUBES. — Pour tracer les aubes, on calcule simplement les angles d'entrée et de sortie, le reste de l'aube se trace empiriquement. En supposant V constant (fig. 4), si β est petit, la turbine est

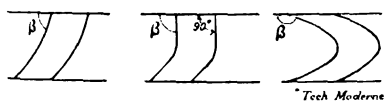


FIG. 4.

à forte réaction. Si β est grand, la turbine est à faible réaction. Enfin si β est droit, le degré de réaction est voisin de 0,5.

VITESSE NORMALE. — Pour que le rendement d'une turbine soit bon, il faut qu'elle tourne à la vitesse exacte pour laquelle ses aubes ont été calculées. Dès qu'il n'en est plus ainsi, il y a perte dans le rendement. On est alors obligé, pour maintenir constante la vitesse, de recourir à un dispositif de vannage qui permette, d'une part, de maintenir la vitesse constante quand la turbine se trouve subitement déchargée d'une partie des résistances qu'elle a à vaincre et, d'autre part, d'assurer à la turbine un rendement satisfaisant quand le débit subit des variations.

Marc RIVIÈRE.

La titration des chlorures appliquée au jaugeage des débits de turbines.

M. le Dr R. Mellet, privat-docent à l'Université de Lausanne, a récemment publié (1) une étude que nous résumons sur l'application de la titration des chlorures au jaugeage des débits. Cette étude est précédée de considérations intéressantes de M. A. Bou-

cher, ingénieur, sur les jaugeages des réservoirs par titrations.

On sait que cette méthode consiste à verser, dans le réservoir dont on veut connaître la capacité avec précision, un petit volume connu d'un liquide contenant en dissolution une quantité connue d'une substance soluble, et à achever le remplissage avec un liquide ne renfermant pas la même substance soluble. On prélève ensuite un certain volume du mélange obtenu et l'on dose la quantité de substance soluble qu'il contient : on en déduit facilement le volume du bassin, qui est égal au produit du volume de la solution initiale multiplié par le rapport du titre de cette solution au titre de la solution finale. Cette méthode peut être employée avec la même précision pour déterminer, au lieu d'un volume, un débit qui est un volume écoulé dans un temps déterminé. Pour cela, on fait écouler à débit constant, dans le liquide dont on veut déterminer le débit, une solution initiale renfermant une substance soluble titrable, et l'on titre le mélange final des deux liquides. Le rapport des titres est égal à l'inverse du rapport des débits de la solution initiale et de la solution finale, ce qui permet de calculer le débit de cette dernière dont il suffira de retrancher le débit de la solution initiale pour avoir le débit cherché. Pour que cette méthode soit applicable, il faut que les débits soient constants et que le mélange soit parfait avant le titrage final, ce qui a lieu en particulier pour le jaugeage des débits de petits cours d'eau torrentueux et surtout des turbines. Il faut en outre que le procédé de titrage soit précis et pratique, aussi M. Mellet s'est-il appliqué à perfectionner la méthode de Mohr.

Dans la méthode de Mohr, le chlorure de sodium est en général utilisé comme substance soluble, une solution titrée de nitrate d'argent comme réactif, et du chromate de potassium comme indicateur.

L'addition du sel d'argent au chlorure provoque la formation d'un précipité blanc de chlorure d'argent dans la liqueur colorée en jaune citron par le chromate. Lorsque la solution ne contient plus de chlorure de sodium, la formation de chlorure d'argent cesse, et l'azotate d'argent, réagissant sur le chromate, donne un précipité rouge brique de chromate d'argent.

Dès la première goutte d'azotate d'argent en excès, on observe un virage de la solution qui, du jaune citron, passe à l'orangé. Généralement, on prend une solution contenant, par litre, un dixième de molécule-gramme d'azotate d'argent, c'est-à-dire une solution déci-normale. Cette solution étant soigneusement titrée et la formule de la réaction permettant de déterminer rigoureusement quel poids de chlorure de sodium est précipité par un poids donné d'azotate d'argent, il suffit de connaître le volume employé de ce dernier réactif pour en déduire, d'abord la proportion de chlorure que contenait le mélange et finalement la capacité du réservoir.

Lorsque les solutions sont très diluées, la fin de la réaction n'est pas nettement perceptible (1). L'indicateur n'est plus alors assez sensible pour qu'une goutte de réactif en excès fasse virer la teinte de la liqueur. Pour déterminer la quantité de réactif en excès que l'on a dû employer, M. R. Mellet s'est basé sur ce fait que l'excès de nitrate d'argent nécessaire pour faire virer la teinte de la liqueur est proportionnel :

- 1° Au volume total du liquide mis en œuvre;
- 2° A la quantité du précipité formé;
- 3° A la quantité de chromate de potassium en solution.

Pour que la titration puisse être rectifiée, il faut toujours opérer dans les mêmes conditions, c'est-à-dire :

- 1° Que la solution à titrer ait, dans chaque cas, le même volume initial;

(1) On emploie généralement, pour ce genre de titrations, une solution déci-normale d'azotate d'argent. Pour le cas considéré, la dilution des solutions à titrer peut être telle que l'on soit forcé d'employer une solution centi-normale pour obtenir l'approximation désirée.

(1) Bulletin technique de la Suisse romande, 1910.

2° Que sa concentration en chlorure soit, pour chaque opération, du même ordre de grandeur ;

3° Qu'il en soit de même pour la solution de chromate.

Pour percevoir nettement le virage, on procède par comparaison avec une solution témoin formée de 10 cm³ de solution centi-normale de chlorure de sodium, de 2 gouttes de chromate de potassium et de 9 cm³ de solution centi-normale d'argent.

Les trois conditions indiquées précédemment sont réalisables facilement dans le cas du jaugeage du débit des turbines.

Pour réaliser la première condition, il suffit d'évaporer le liquide à traiter jusqu'à ce qu'il occupe un certain volume, toujours le même, par exemple 10 cm³.

Pour réaliser la seconde condition, il faut d'abord évaluer approximativement le débit de la turbine. Connaissant la concentration et le débit constant de la solution initiale, on prend pour l'évaporation une quantité de solution finale telle qu'on ait à titrer quelques centigrammes seulement de chlorure.

Ainsi, pour un débit de 100 litres par seconde, on prendra 100 cm³ ; pour un débit de 1 000 litres, 1 000 cm³. Si la solution initiale contient 300 grammes de chlorure de sodium par litre, on aura aussi à titrer à peu près la même quantité de chlorure de sodium, soit environ 0 gr 03.

Pour réaliser la troisième condition, on ajoutera, à la liqueur en travail, un nombre de gouttes de chromate proportionnel au volume de la solution employée, par exemple une goutte par 10 cm³ de liquide.

La solution initiale doit être titrée dans les mêmes conditions de concentration. Quant à l'eau d'alimentation, elle ne contient généralement que des traces de chlorures, qui influent peu sur le résultat cherché, mais que, pour une opération rigoureuse, on doit cependant titrer.

Si ces précautions sont bien observées, l'excès de nitrate d'argent nécessaire pour obtenir un virage net est une fraction constante du nombre de centimètres cubes employé.

M. Mellet a été conduit à établir la formule suivante :

$$D = d \frac{N_1}{N_2 - n} - d,$$

dans laquelle :

D est le débit cherché ;

d, le débit de la solution initiale ;

N₁, le nombre de centimètres cubes de solution centi-normale qu'il faut pour titrer 1 litre de solution initiale ;

N₂, le nombre de centimètres cubes qu'il faut pour titrer 1 litre de solution finale ;

n, le nombre de centimètres cubes qu'il faut pour titrer 1 litre de l'eau de la turbine, prise avant l'opération.

Il résulte de cette formule que, si l'on opère dans les conditions mentionnées ci-dessus :

1° Il est inutile de retrancher du nombre de centimètres cubes employés l'excès de solution d'argent ayant servi à faire virer la teinte, et cela pour les trois titrations ;

2° Il n'est pas nécessaire de calculer la quantité de sel des trois solutions. Il n'est pas nécessaire non plus de connaître le titre de la solution de nitrate d'argent ; il suffit que cette solution soit assez diluée pour qu'elle ait la précision de la solution centi-normale.

Pour avoir le jaugeage du débit d'une turbine, M. Mellet procède comme suit :

I. *Débit de la solution initiale.* — Le débit nécessaire pour une précision suffisante est de 1/10 000 du débit de la turbine, estimé approximativement. Pour de petites turbines, on emploiera, pour plus de facilité, un débit uniforme de 0,1 environ.

II. *Préparation des liqueurs-réactifs.* — 1° Solution de nitrate d'argent : 1 gr 5 à 2 gr par litre (pesée approximative) ;

2° Solution de chlorure de sodium pour préparer la liqueur-témoin : environ 1 gr de sel ordinaire par litre ;

3° Solution de chromate de potassium (indicateur) : environ 5 gr pour 100 cm³ d'eau.

III. *Dilution et concentration des solutions à titrer.* — 1° Solution initiale : On la dilue de façon que 10 cm³ contiennent quelques centigrammes de sel ;

2° Eau d'alimentation de la turbine : On en évapore 1 litre dans une capsule en porcelaine de 10 cm de diamètre, dans laquelle on verse la liqueur au fur et à mesure qu'il s'évapore. L'évaporation se fait au bain-marie, jusqu'à ce que la totalité soit ramenée à 10 cm³ environ ;

3° Solution finale : L'évaporation se fait de la même façon pour que, sous un volume de 10 cm³, on ait à titrer quelques centigrammes de sel. Quant au volume à prendre pour l'évaporation, il est, pour des débits évalués inférieurs à 1 000 litres par seconde, représenté par un nombre de centimètres cubes égal au nombre des litres par seconde et, pour des débits supérieurs à 1 000 litres par seconde, il est invariablement d'un litre de solution.

IV. *Titration des trois solutions.* — Aux 10 cm³ de liquide à titrer, on ajoute d'abord deux gouttes de solution de chromate, puis on laisse couler la solution d'argent. Si la teinte n'a pas viré après addition de 10 cm³ de cette solution, on rajoute une goutte de chromate, et ainsi de suite jusqu'à virage.

Cette titration se fait en présence d'un liquide témoin, comme on l'a indiqué.

V. *Calcul du débit.* — La titration fait connaître le nombre de centimètres cubes de la solution d'argent correspondant à un certain volume des trois liquides qui ont été titrés. On en déduit, par le calcul, le nombre de centimètres cubes correspondant à 1 litre de ces liquides. On a alors les éléments nécessaires pour déterminer le débit au moyen de la formule de M. Mellet.

La méthode donne une précision très satisfaisante. On peut arriver à jauger le débit à 0,1 % près, pour des débits inférieurs à 1 000 litres. Pour les débits supérieurs, on réalise la même précision en augmentant le volume de la solution initiale.

P. B.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE

La régulation des turbines à gaz (1).

(Suite).

TURBINES A COMBUSTION. — Une soupape d'étranglement à l'aval de la chambre à combustion n'est pas à recommander, car, en dehors de la difficulté qu'elle aurait à résister aux températures des gaz d'échappement, elle pourrait encore pour les petites charges diminuer le rendement, déjà bien faible, de ce genre de turbine.

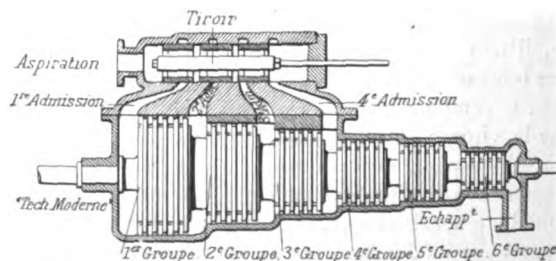


Fig. 5. — Dispositif d'un compresseur à pression réglable (système Deutz).

Deutz (1) (1904) cherche à obtenir la régulation en faisant varier la pression du compresseur et cela en gardant pour toutes les charges un rendement aussi élevé que possible. Il emploie un compresseur à étages, et sa régulation ne consiste pas à étrangler l'aspiration du gaz ou à ramener les gaz à la conduite d'aspiration comme pour les compresseurs à pistons ; il supprime selon

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 5 (Mai 1911), p. 304.

(2) Voir *Die Turbine*, 5, 20, VIII, 10.

les besoins du moment, l'action d'un certain nombre d'étages du compresseur.

La figure 5 (p. 370) représente un compresseur rotatif composé de six groupes de cinq étages. L'air entre par la gauche et, selon la position du tiroir, pénètre dans le compresseur par la 1^{re}, 2^e, 3^e ou 4^e admission; la compression varie alors, car le gaz traverse 6, 5, 4 ou 3 groupes. La figure 5 représente la position du tiroir pour la plus faible compression correspondant à l'ouverture de la 4^e admission. Si le régulateur déplace le tiroir vers la droite, la 3^e admission, puis la 2^e et la 1^{re} se trouvent successivement ouvertes, de façon, toutefois, qu'une seule de ces dernières se trouve en action. On connaît l'influence considérable qu'a sur le rendement de ce genre de turbine la valeur de la compression préalable; des compresseurs à piston plus encombrants, mais à meilleur rendement que les précédents pour les pressions élevées, peuvent être accouplés à ces turbo-compresseurs; il suffira alors de supprimer les trois derniers groupes et de conserver les trois groupes régulateurs.

Si, malgré la variation de pression dans la chambre de combustion, la pression reste la même à l'échappement dans le condenseur, une diminution de la pression des gaz de combustion entraînerait une diminution de la vitesse du jet gazeux et une élévation de la température de la roue de la turbine. La firme Deutz (1904) cherche à maintenir constant le rapport des pressions à la détente; ainsi si la pression de la chambre de combustion varie de 15 atmosphères à 5 atmosphères, la pression du condenseur

Fig. 6. — Dispositif d'un compresseur à pression réglable (système Fullagar).

devra varier de 0,3 atmosphère à 0,1 atmosphère. Ce résultat est obtenu au moyen d'un turbo-compresseur à plusieurs étages dont l'aspiration peut être réglée.

Fullagar fait également varier la pression de l'air comprimé par la variation du nombre d'étages du compresseur. Comme le montre la figure 6, l'arbre du compresseur fait mouvoir un régulateur centrifuge qui, par un système de levier, est en relation avec 3 papillons d'inclinaisons différentes. Ces derniers, commandent l'admission à trois groupes du turbo-compresseur. Si la vitesse de la turbine augmente, le régulateur ferme d'abord le premier papillon et ainsi de suite.

Fullagar (1905) fait aussi varier la pression de l'air et par suite la pression de travail dans la chambre de combustion, en faisant varier la vitesse angulaire du compresseur.

Comme l'indique le schéma de la figure 7, le gaz et l'air arrivent à la chambre de combustion par des conduites séparées; l'air est chauffé par un récupérateur que traversent les gaz chauds s'échappant de la turbine. Cette dernière fait mouvoir un dynamo, sur le réseau de laquelle est branché un moteur auxiliaire actionnant un compresseur. Un régulateur agit sur la vitesse de ce dernier en déplaçant un commutateur.

Une turbine à gaz auxiliaire peut remplacer l'électromoteur; dans ce cas, comme le montre la figure 8, elle est montée en parallèle avec la turbine principale.

Elle actionne le compresseur, qui envoie l'air comprimé dans les deux chambres de compression après lui avoir, au préalable, fait traverser les deux récupérateurs montés en parallèle. Un régulateur centrifuge permet, au moyen d'un papillon d'étranglement, de régler l'admission du combustible dans la turbine auxiliaire. Une particularité de cette construction réside dans le fait qu'un second régulateur agit sur un papillon étranglant l'admission d'air au compresseur. Cet étranglement permettrait, d'après M. Gentsch, de diminuer la pression de l'air sans amoindrir

drir sensiblement le rendement du compresseur. Voici comment : il diminue la pression de l'air non seulement dans la turbine principale, mais encore dans la turbine auxiliaire, ce qui diminue également la puissance transmise au compresseur et par suite la pression de l'air comprimé. Il suffit donc d'un faible étranglement de

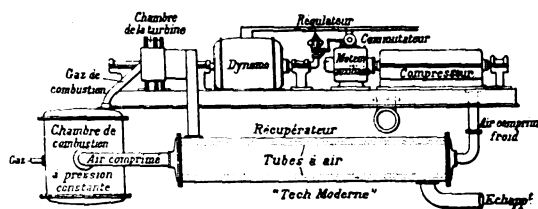


Fig. 7. — Schéma de la régulation électrique d'une turbine à combustion (système Fullagar).

l'admission d'air pour avoir un abaissement notable de la puissance de la turbine. L'augmentation de pertes due à l'étranglement serait en partie compensée par la diminution du travail de frottement.

Ce genre de régulation s'applique au cas où le nombre de tours de la turbine peut diminuer avec la charge, comme cela a lieu pour la propulsion des hélices de navire.

La pression et la quantité d'air comprimé dans la chambre de

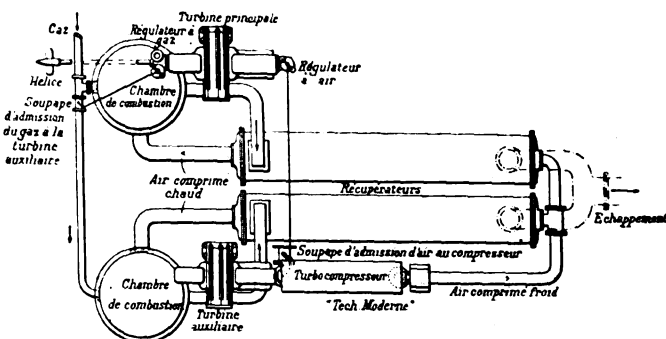


Fig. 8. — Schéma de la régulation d'une turbine à combustion au moyen d'une turbine auxiliaire (système Fullagar).

combustion peuvent aussi varier avec la température de l'air aspiré par le compresseur; ce dernier peut alors être directement accouplé à la turbine principale. Ce genre de régulation s'applique au cas où le nombre de tours d'elle doit être maintenu constant.

Fullagar (1907) a aussi cherché à l'employer (fig. 9). La canalisation d'aspiration du compresseur se divise en deux parties. L'une est en relation directe avec l'air extérieur et l'autre

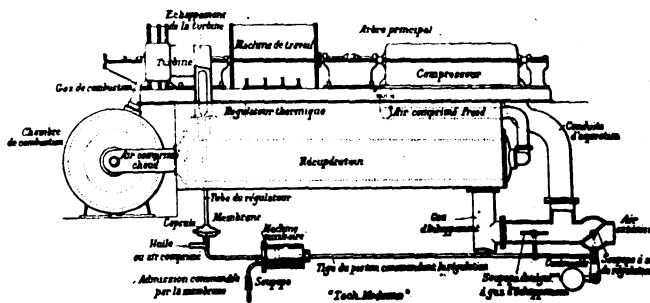


Fig. 9. — Schéma de la régulation thermique d'une turbine à combustion (système Fullagar).

avec les gaz d'échappement. Le régulateur agit sur deux papillons d'étranglement placés dans ces deux canalisation. Pour les fortes charges, l'admission d'air est seule ouverte; pour les charges inférieures, l'admission d'air s'étrangle tandis que celle des gaz s'ouvre, la quantité d'air admise se trouve ainsi diminuée et sa température élevée. Le régulateur pourrait aussi, dans ce cas, être mû par l'arbre de la turbine, mais dans le schéma de la figure 9, la régulation est due à l'action de la température des gaz d'échappement de la turbine. Une sorte de thermomètre agit sur

une membrane placée dans une capsule et commandant, au moyen d'un pointeau, l'admission d'huile comprimée, par exemple, dans le piston d'une machine auxiliaire dont la tige commande les papillons d'étranglement.

TURBINES MIXTES GAZ-VAPEUR. — La firme Deutz essaie d'obtenir la régulation des turbines mixtes à gaz et vapeur en faisant varier la pression du mélange convenable dans la chambre de combustion. Pour une diminution de charge, il se produit dans le condenseur une diminution de pression qui n'est pas suffisante pour compenser la chute de pression dans la chambre de combustion et maintenir constant le rapport des pressions à la détente. Si l'on admet une pression normale de compression de 15 atmosphères dans la chambre de combustion et une pression correspondante du condenseur de 0,3 atmosphère, c'est-à-dire un rapport des pressions de 1/50, la pression de la chambre peut, pour les faibles charges, tomber à 4 atmosphères, quand celle du condenseur tombe à 0,2 atmosphère, le rapport est alors de 1/20. La chute de pression dans les tuyères Laval, par suite de la détente adiabatique, est donnée par

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{n-1}{n}}$$

n est égal à 1,32 pour le mélange employé et l'on trouve que le rapport des températures augmente de 20 % quand le rapport des pressions passe de 1/50 à 1/20. Cette augmentation de température est inadmissible, car, en charge normale, on atteint déjà la température la plus élevée que permettent les matériaux, c'est en effet la condition du meilleur rendement.

(A suivre.)

L. V. B.

MÉTALLURGIE ET TRAVAIL DES MÉTAUX

L'élargissement des métaux pendant le laminage.

(Suite et fin.)

La pratique nous apprend que le diamètre des cylindres a une influence sur l'élargissement des métaux. Pour un même déplacement de métal, des cylindres de grand diamètre donnent, en effet, un élargissement plus fort que des cylindres de petit diamètre. Ceci s'explique aisément. Pour une pression égale, des cylindres de petit diamètre ont, par suite de leur courbure plus forte, un arc de contact plus faible, la section refoulée latéralement est donc plus faible, l'élargissement lui-même doit donc être plus faible. On peut assimiler les grands cylindres à la frappe d'un marteau de forge et les petits cylindres à la panne. Le forgeron, s'il veut produire un effet d'étrépage, frappe sa pièce avec la panne, et avec la frappe s'il cherche un effet d'élargissement.

Pour déterminer la loi suivant laquelle varie l'élargissement en fonction de l'angle de laminage, l'auteur fait une 7^e série d'expériences. Il lamine deux éprouvettes de même largeur à travers des cylindres de diamètres différents. La pression donnée dans chaque cas, était déterminée de façon que les sections refoulées latéralement, ainsi que les hauteurs après passes, fussent égales dans les deux cas. Les angles de laminage étaient en outre choisis de telle sorte que le sinus de l'angle de laminage de la première éprouvette fût égal aux 3/2 du sinus de l'angle de laminage de l'autre. Il résulte de l'examen des résultats consignés dans le tableau VII (p. 373) que les surfaces d'élargissement, ainsi que les élargissements linéaires des deux éprouvettes, sont entre eux comme les sinus de leurs angles de laminage. Autrement dit, pour une valeur constante de la section refoulée latéralement, cet élargissement est proportionnel au sinus de l'angle de laminage.

Nous pouvons conclure, en outre, des expériences 6 et 7, faites en partant de l'hypothèse que les sections refoulées latérale-

ment sont égales au produit de l'arc de contact des cylindres par la pression, que cette hypothèse correspond bien à la réalité. Si la largeur de la barre est supérieure à l'arc de contact des cylindres, le refoulement latéral ne portera que sur une partie de la section de la barre, le restant de la section ne subissant qu'un mouvement d'étrépage. Si la longueur de la barre est inférieure à l'arc de contact, l'élargissement portera sur toute la section de cette barre.

Des expériences décrites, on peut, en résumé, conclure que :

L'élargissement est indépendant :

1° De la température de laminage ;

2° De la qualité du métal laminé ;

3° De la vitesse initiale des cylindres ;

4° De la largeur de la barre.

L'élargissement est fonction :

1° De l'épaisseur de la barre après passe ; pour un angle de laminage constant et une section refoulée latéralement constante ; le produit de la hauteur après passe et de l'élargissement est constant ;

2° De l'arc de contact ; la section refoulée latéralement est égale au produit de l'arc de contact par la pression ;

3° De la section refoulée latéralement ; pour un angle de laminage constant, l'élargissement est proportionnel à la section sur laquelle a porté cet élargissement ;

4° De l'angle de laminage ; pour une section refoulée latéralement constante, l'élargissement superficiel est proportionnel au sinus de l'angle de laminage.

On peut exprimer les résultats trouvés par la formule suivante :

Soient :

h , la hauteur de la barre après passe ;

u , la longueur de l'arc de contact du cylindre et de la barre en prise ;

α , l'angle de laminage ;

Q , la section de la barre sur laquelle a porté le refoulement latéral ;

E , l'élargissement superficiel ;

e , l'élargissement linéaire.

On a :

$$(1) \quad E = Q \sin \alpha,$$

$$(2) \quad E = e \times h,$$

$$(3) \quad Q = u (H - h).$$

d'où :

$$(4) \quad e = \frac{u (H - h) \sin \alpha}{h}.$$

Supposons maintenant que nous ayons à déterminer la largeur à donner à une cannelure, et supposons que le diamètre des cylindres nous soit fixé par une installation existante. Donnons-nous la pression u , c'est-à-dire fixons-nous la hauteur après passe.

On déterminera d'abord graphiquement l'angle α du laminage (dans le cas où on fera emploi de pression supérieure, on prendra, comme valeur de l'angle α , la moyenne arithmétique des angles de laminage du cylindre supérieur et du cylindre inférieur). L'angle α étant connu, on en déduira la longueur u de l'arc de contact. La formule 4 permet alors le calcul de e . On donnera, en réalité, à la cannelure une largeur un peu plus faible afin d'avoir une légère pression sur les cordons, ceci dans le but d'éviter des gerçures dans les arêtes.

Si on doit, à l'aide de la même cannelure, produire des profils d'épaisseur variable, on fera le calcul en partant du profil moyen. Les profilés plus faibles seront laminés avec une surpression sur les cordons, les profilés plus lourds avec une pression sur cordons décroissant et pouvant même devenir nulle (ce qui est parfois inévitable). On se gardera de laminer dans une même cannelure des profilés de différence d'épaisseur trop grande (des plats minces, par exemple, dans des cannelures pour feuillards). Le pourcentage des déchets serait considérable.

La formule d'élargissement que nous venons d'indiquer peut

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 4 (avril 1911), page 237, et n° 5 (mai 1911), page 306.

TABLEAU VII. — INFLUENCE DE L'ANGLE DE LAMINAGE SUR L'ÉLARGISSEMENT.

N°	DIAMÈTRE des cylindres	HAUTEUR avant la passe	LARGEUR avant la passe	HAUTEUR après la passe	LARGEUR après la passe	PRESSION	ARC de contact α	SECTION refoulée latéralement Q_0	SURFACE de l'élar- gissement	ÉLARGISSE- MENT linéaire	ANGLE de laminage	SIN α
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm ²	mm ²	mm		
1	260 ^{mm} cylindre supérieur.	32,1	30,0	20,0	37,50	12,1	40,0	484	150,0	7,50	17°30'	0,300
	260 ^{mm} cylindre inférieur.											
2	490 ^{mm} cylindre supérieur.	29,8	30,0	20,0	34,75	9,8	49,5	485	95,0	4,75	11°30'	0,199
	490 ^{mm} cylindre inférieur.											

s'appliquer au calcul de toute cannelure ouverte de section rectangulaire (ce qui est le cas de toute cannelure ébaucheuse). Elle s'applique également au calcul des cannelures fermées pour plats ou tout autre profil qui peut être obtenu en partant de plats, tels que cornières, fers $\square$, carrés, etc. Il est en effet particulièrement avantageux de laminier ces profilés sous forme de plats et de leur donner leur forme définitive pendant la dernière passe à la cannelure finissante, ainsi que le démontrent des travaux récents de J. Puppe dont nous avons récemment donné ici un résumé⁽¹⁾.

Prenons un exemple de l'application de la formule trouvée :

Supposons que l'on parte d'une billette de 100 mm de largeur et de 105 mm de hauteur. Introduisons-la dans la première cage dégrossisseuse d'un train continu en la soumettant à une pression de 30 mm et calculons l'élargissement. Ce problème est, dans ce cas particulier des trains continus, d'une très grande importance, car de la section résultant de la passe à la première cage on doit déduire le profil à donner à la cannelure de la deuxième, ainsi que la vitesse à donner aux cylindres de cette deuxième cage. En effet, si la section de la barre entrant dans la deuxième cage ne concorde pas avec le profil de la cannelure, il en résulte soit une destruction des guides, soit une rupture de la barre et parfois même une rupture des cylindres.

Dans le cas qui nous occupe, le diamètre des cylindres est de 360 mm. Nous déterminons graphiquement les valeurs de l'angle α de laminage et de l'arc de contact α correspondant, nous trouvons :

$$\alpha = 23^{\circ}30'.$$

$$\sin \alpha = 0,4.$$

$$u = 75 \text{ mm.}$$

Appliquons la formule 4, nous trouvons :

$$e = \frac{u(H-h)\sin\alpha}{h} = \frac{75 \times 30 \times 0,4}{75}.$$

$$e = 12.$$

Nous donnerons donc une largeur de 112 mm à la cannelure, tout en conservant une légère pression latérale des cordons afin que la cannelure soit bien remplie. Nous évitons ainsi la formation d'une billette ventrue qui se produirait s'il n'y avait pas de pression latérale.

Cette formule a été employée par l'auteur pour le calcul des cannelures d'un train à fil et celui des cannelures d'un train à fers marchands. Il serait intéressant de l'expérimenter sur de gros trains et de voir si elle est encore applicable. *A priori*, rien ne s'y oppose.

M. PICARD,

Ingenieur des Arts et Manufactures.

Recherches sur la dureté des aciers. Parallèle entre la dureté et la résilience.

En 1900, au Congrès de l'Association internationale pour l'essai des matériaux, tenu à Paris, Brinell proposa une méthode spéciale pour déterminer la dureté des métaux.

Cette méthode consiste à exercer sur le métal une pression

connue par l'intermédiaire d'une bille en acier de diamètre déterminé. Il se produit ainsi dans le métal soumis aux essais une empreinte ayant la forme d'une calotte sphérique dont la surface a est facile à calculer.

Si on appelle P la pression exercée sur la bille et a la surface de la calotte sphérique, l'expression $\frac{P}{a} = \Delta$ donne le *chiffre de dureté* :

On peut entrevoir les essais de dureté sous deux aspects différents :

1° La méthode de la bille se présente comme une substitution de l'essai de dureté à l'essai de traction, substitution permettant de rendre les épreuves de réception à la fois plus simples et moins coûteuses tout en étant, à volonté, plus nombreuses.

L'essai à la bille est plus économique que l'essai de traction. Il peut s'exercer en un nombre considérable de points et permet ainsi d'éprouver le métal dans les parties inspirant des craintes.

Il peut être utilisé notamment pour essayer des pièces achevées ou des échantillons ne permettant pas, par leur forme et leurs dimensions, le prélèvement des barreaux de traction.

Le coefficient de proportionnalité permet, pour les aciers ordinaires au carbone, de connaître la résistance.

Ainsi appliquée, la méthode de la bille ne donne pas d'autres renseignements que l'essai de traction. Elle les donne seulement d'une façon plus rapide et plus simple ;

2° La méthode de la bille peut être une méthode originale, revêtant un caractère particulier et décelant une propriété spéciale, à savoir : l'*homogénéité*.

En effet, un métal parfaitement homogène doit donner, aux essais à la bille, des empreintes identiques, si les conditions expérimentales sont rigoureusement les mêmes et si les procédés de mesure comportent toute la précision désirable.

Mais les chiffres de dureté ne sont jamais identiques. Ils diffèrent entre eux de quantités variables. Les divergences sont causées à la fois par les erreurs commises dans les expériences et les mesures, et par le manque d'homogénéité du métal.

Après avoir établi la part revenant aux erreurs d'expérience, on aura une notion suffisamment précise de celle qui revient au défaut d'homogénéité. On possède ainsi, par la méthode de la bille, un moyen précieux de contrôler ce défaut qui a une influence si importante dans le travail de l'acier.

Les diverses séries d'essais, énumérées ci-après, ont été effectuées sur des aciers au carbone soumis au préalable à des traitements thermiques appropriés. Ils permettent de répondre, dans une certaine mesure, au vœu formulé par le Congrès de Copenhague, concernant le contrôle de l'homogénéité et la détermination de la résistance, par les épreuves de dureté.

De plus, il a paru intéressant de mettre en parallèle la dureté et la fragilité des aciers en question.

DÉTERMINATION DU NOMBRE DE DURETÉ DES ACIERS ORDINAIRES AU CARBONE RECUITS. — CONTRÔLE DE L'HOMOGENÉITÉ. — Les expériences faites ont montré que la bille, en s'enfonçant dans le métal, sous une pression de 3 000 kg, provoquait un soulèvement de ce métal.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 11 (Novembre 1910), p. 645.

La figure 1 représente l'aspect général de la coupe de l'empreinte.

Si on appelle D le diamètre de la bille, d le diamètre de l'empreinte, h la profondeur de cette empreinte, l'expression de la surface de la calotte sphérique est :

$$a = \pi Dh$$

ou :

$$a = \pi D \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$$

On peut donc :

1° Mesurer h , profondeur de l'empreinte, et en déduire a ;

Ou 2° Mesurer d , largeur de l'empreinte, et en déduire a .

Etant donné la forme particulière des bords de l'empreinte, il



FIG. 1. — Coupe de l'empreinte produite par la bille de Brinell.

est intéressant d'étudier les difficultés rencontrées dans chacune des manières de procéder et de mettre en évidence les avantages et les inconvénients que comporte chaque méthode.

Choix du procédé d'évaluation. —

Les deux erreurs commises à savoir : la première, exagération de la profondeur d'empreinte en prenant cette profondeur égale à $h + \varepsilon$, c'est-à-dire en tenant compte du soulèvement, et la deuxième, en partant d'un diamètre faussé par suite de l'ovalisation de la bille, sont des erreurs du même ordre.

En effet, par les deux procédés on aboutit à des résultats sensiblement identiques.

Par le premier procédé, on trouve les nombres de dureté suivants pour les mêmes aciers :

Aciers doux	$\Delta = 142$
Aciers demi-durs	$\Delta = 166$
Aciers durs	$\Delta = 201$

et par le deuxième procédé :

Aciers doux	$\Delta = 142$
Aciers demi-durs	$\Delta = 166$
Aciers durs	$\Delta = 200$

Ayant la liberté du choix des procédés, on a choisi le second qui a donné des indications très intéressantes.

Influence sur la valeur du nombre de dureté. — Les causes pouvant exercer leur influence sur la valeur du nombre de dureté peuvent se diviser en deux groupes distincts :

a) Au premier groupe se rattachent les influences exercées par la précision plus ou moins grande des appareils utilisés avec les erreurs qui résultent de ces appareils, à savoir :

- 1° Erreurs commises sur l'évaluation de la pression ;
- 2° Erreurs commises sur la mesure du diamètre de l'empreinte.

L'auteur a ainsi déterminé la précision sur laquelle les appareils utilisés permettent de compter.

b) Au deuxième groupe se rattachent les influences exercées par les conditions d'expériences faites elles-mêmes sur la valeur du nombre de dureté. Il y a lieu de préciser d'une façon très nette ces conditions expérimentales.

Un manque de méthode et d'uniformité dans l'exécution des essais est, en effet, de nature à occasionner de fréquentes divergences et à empêcher les résultats d'être comparables entre eux.

Dans cet ordre d'idées l'auteur a étudié :

- 1° L'influence de la vitesse de la mise en pression de la machine destinée à produire l'empreinte ;
- 2° L'influence de la durée de la pression ;
- 3° L'influence du sens dans lequel s'exerce cette pression par rapport à la direction du laminage ;
- 4° L'influence du choix du diamètre d'empreinte soumis à la mesure.

L'adoption d'une méthode rationnelle et uniforme pour l'exécution des essais permet d'éliminer cette deuxième source d'erreurs.

La première seule subsistera.

A la suite de nombreuses expériences, on pourra se rendre compte de l'erreur *maximum* susceptible d'affecter le nombre de dureté.

Dans un métal *parfaitement* homogène, les chiffres correspondant aux multiples empreintes ne devront pas différer entre eux d'une quantité supérieure à l'erreur maximum expérimentale admise.

La détermination de cette erreur maximum fournit donc un moyen de contrôler, par les essais à la bille, l'*homogénéité* du métal.

PREMIER GROUPE D'ERREURS. — La somme des erreurs maximales :

1° A l'évaluation de la pression avec une machine à tarage direct (1 unité Brinell au maximum),

2° A la lecture de l'empreinte avec le microscope (3 unités Brinell au maximum),

A été trouvée inférieure à 5 unités Brinell.

DEUXIÈME GROUPE D'ERREURS. — 1° *Influence de la rapidité de mise en pression.* — Pour une vitesse de mise en pression de deux minutes et au-dessus, les diamètres d'empreinte ne varient que très peu.

La vitesse de mise en pression de deux minutes peut donc être adoptée pour tous les essais.

2° *Influence exercée par la durée de la pression.* — Pour des expériences précises, cinq minutes de durée de pression semblent constituer un minimum au-dessous duquel il ne faut pas descendre.

En tout cas, si pour aller plus vite, on choisit une durée moindre, il sera nécessaire, pour que les essais soient comparables, d'adopter une durée uniforme pour tous les essais.

(A suivre.)

Capitaine GRARD,

de l'Atelier de Construction de Puteaux.

TEINTURE ET IMPRESSION

Nouveaux procédés de teinture et d'impression.

PROCÉDÉ PERMETTANT D'AUGMENTER NOTABLEMENT L'AFFINITÉ DE LA LAINE POUR LES COLORANTS [en particulier pour les colorants acides, au chrome et directs] (*Zeitschrift für Farben Industrie*, 1910, n° 4, p. 63). — On traite la laine au préalable par un bain monté avec de 2 % à 3 % d'un sel d'ammonium à acide faible (carbonate, acétate, etc.). On porte pendant 1/2 heure à 60° C, et pendant 1/2 heure à l'ébullition.

PROCÉDÉ POUR RENDRE SOLIDE A L'EAU L'ÉCLAT SOYEUX DU AU CALENDRE (Brevet allemand, B 54915, 18 juin 1909). — On asperge le tissu calendré par une solution de caoutchouc (30 %) et de paraffine (7 %) dans un litre de benzine et on sèche. La couche aspergée doit être juste suffisante pour ne pas remplir les rainures laissées par le calendre et qui provoquent le brillant.

PROCÉDÉ POUR DONNER A LA LAINE DE LA SOLIDITÉ ET DU BRILLANT (Brevet allemand E 14885, 10 juin 1909). — On fait subir à la laine une opération analogue à celle du mercerisage du coton, opération dans laquelle on remplacerait la soude caustique par du bisulfite de soude à 40° B, coupé 1/6, bouillant et agissant 5 minutes ; ensuite on tend, on lave et on élimine le reste du bisulfite par un traitement prolongé au bouillon en acide faible.

PROCÉDÉ POUR ÉVITER L'ATTAQUE DES COLORANTS AU CHLORAGE DE L'APPRÊT (Brevet allemand, K 44353, 21 avril 1910). — Dans beaucoup de cas, on évite complètement cette attaque, au chlorage de l'apprêt ayant pour but de nettoyer les blancs, en additionnant le bain de chlorage de soude caustique de telle façon qu'il en contienne un excès de 1/2 % environ. Ceci est applicable aux impressions en vert solide, brun de paramine indanthrènes, etc. Un excès de soude Solvay ne produirait nullement le même effet pas plus donc que l'emploi d'hypochlorite de soude.

J.

NOTES DE MÉCANIQUE ET DE PHYSIQUE INDUSTRIELLE

L'amélioration du rendement des chaudières à foyer intérieur. — La chaudière à tube-foyer est un type de générateur en quelque sorte nécessaire dans certaines industries, celles qui ont à faire face à des demandes de vapeur brusques et irrégulières : papeteries, teinturerie, brasseries, industries chimiques en général.

Ce seul considérant impose parfois le choix des chaudières à tube-foyer, en dépit des différentes critiques, très fondées, qu'on peut leur faire : défaut de circulation et surtout mauvaise combustion.

M. Desjumez, ingénieur en chef de l'Association lyonnaise d'appareils à vapeur, s'est livré à de patientes recherches sur les essais de vaporisation réalisés par les différentes Associations françaises et étrangères d'appareils à vapeur.

TAB. I. — RÉSULTATS DES ESSAIS DE VAPORISATION : RÉGION LYONNAISE (moyenne de 51 essais).

NOMBRE d'essais	SURFACES		RAPPORTS de la surface de grille à la surface de chauffe	COMBUSTION par m ² de grille		VAPORISATION par m ² de surf. de chauffe		VAPORISATION par kg de charbon sec	
	chauffe	grille		sans rech.	avec rech.	sans rech.	avec rech.	sans rech.	avec rech.
"	26,4	1,176	1/22	42,7	43,1	10,050	12,675	7,040	6,679
"	55,6	1,920	1/29	55,2	55,9	12,169	13,265	5,784	7,018
"	50,0	1,968	1/25	62,1	65,4	18,505	15,715	6,819	6,873
Moy...	44,2	1,711	1/25	49,8	59,6	12,165	14,569	6,744	6,931
"	57,5	1,638	1/35	45,6	"	8,383	"	6,464	"
"	62,3	1,902	1/32	58,5	55,8	9,402	11,490	5,903	6,893
"	58,6	1,718	1/34	77,2	83,6	14,799	15,229	6,490	6,253
Moy...	59,6	1,764	1/34	56,7	72,9	10,241	13,791	6,330	6,499

TAB. II. — RÉSULTATS DES ESSAIS DE VAPORISATION : RÉGIONS ALLÉMANDE, ALSACIENNE, SUISSE, ETC. (moyenne de 157 essais).

NOMBRE d'essais	RAPPORT de la surface de grille à la surface de chauffe	COMBUSTION par m ²		PERTE au cendrier	VAPORISATION	
		grille	chauffe		par m ² surface chauffe	par kg de charbon sec
11	1/27,87	47,300	1,695	11,02	11,250	7,670
14	1/26,75	67,260	2,520	10,91	22,120	8,280
5	1/26,70	85,300	3,190	12,60	22,600	6,940
9	1/27,20	110,400	4,070	5,66	24,200	6,080
Moy. de 30 es.	"	62,814	"	11,232	18,214	7,833
15	1/35,35	55,100	1,560	12,66	12,510	7,900
51	1/35,27	68,380	1,940	6,96	14,710	7,700
26	1/34,20	89,200	2,610	8,55	19,350	7,550
29	1/33,40	124,700	3,430	9,55	23,580	6,790
Moy. de 92 es.	"	72,098	"	8,34	15,662	7,690
3	1/40,10	49,400	1,230	10,00	10,400	8,010
8	1/43,70	72,700	1,670	8,12	12,550	7,650
8	1/44,54	90,680	2,040	10,06	15,610	7,570
10	1/43,37	129,500	2,980	8,10	17,970	7,130
Moy. de 19 es.	"	76,591	"	9,23	13,498	7,673
1	1/60,00	58,000	0,960	6,31	7,000	7,260
2	1/68,40	72,000	1,040	5,80	8,900	8,390
3	1/63,30	85,400	1,350	6,27	10,500	7,910
3	1/54,00	137,600	2,550	8,88	16,900	6,850
Moy. de 6 es.	"	76,366	"	6,12	9,383	7,961

Les tableaux I et II présentent les résultats relatifs aux chaudières à foyers intérieurs, les vaporisations étant comptées en eau à 0°, vapeur à 5 kg, par kilogramme de charbon brut et sec.

Il ressort de ces chiffres qu'en pratique on emploie les foyers intérieurs à des allures de combustion fort réduites (en moyenne 60 kg de charbon par mètre carré de grille), ce qui donne naturellement des allures de vaporisation réduites (en moyenne 13 kg de vapeur par mètre carré de chauffe).

Malgré ces allures modestes, les vaporisations sont assez peu satisfaisantes (de 6 kg à 7 kg de vapeur par kilogramme de charbon) et la perte au cendrier élevée (de 6 % à 12 % environ). Si l'on considère qu'au moment de l'essai, le chauffeur est en général pris d'un zèle qui l'abandonne souvent une fois l'essai terminé, on peut se demander ce qu'il advient du rendement en marche industrielle courante.

Cependant, aux régimes de combustion indiqués précédemment, les défauts de la chaudière à foyer intérieur n'apparaissent guère; ils ne deviennent sensibles que si l'on pousse la production à 18 kg ou 20 kg de vapeur par mètre carré de surface de chauffe. Or, nous estimons qu'une telle allure, pour le foyer intérieur est l'allure « normale » et

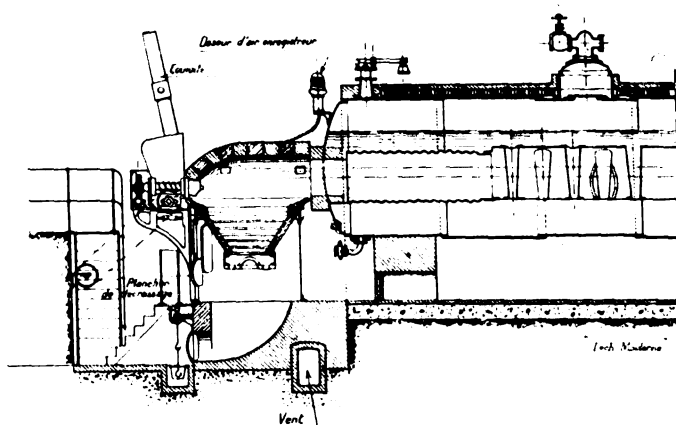


FIG. 1. — Dispositif de la chaudière système Galloway à chauffage par foyer extérieur.

que l'allure « poussée » ne commence qu'au delà de 20 kg par mètre carré. Mais dès qu'on pousse l'allure de combustion, le rendement tombe de façon désastreuse.

Récemment, le Professeur *Constam*, du Technicum de Zurich, a mis clairement en lumière, par une série d'expériences, que, dans les chaudières à foyer intérieur, la combustion était mauvaise.

On y remarque particulièrement que, plus le charbon contient de matières volatiles, moins le rendement est bon.

Nous avons réuni dans le tableau III les caractéristiques essentielles de ces essais, qui se rapportent à une chaudière à deux foyers intérieurs, de 65 m² de surface de chauffe, avec grille de 1,6 m² chauffée à la main.

TAB. III. — PERTES DANS LES FOYERS INTÉRIEURS.

Caractéristiques du charbon.	mi-gras	gras	très-gras	longue flamme
Pouvoir calorifique en calories.	7 682	7 602	7 601	6 694
Matières volatiles, %	18,5	25,2	33,5	43,7
Allure de combustion kg : m ² de grille.	109,4	116,9	112,9	145,3
Allure de vaporisation kg : m ² de chauffe.	21,2	22,2	21,1	20,2
Utilisation thermique ou rendement en %	68,8	65,3	63,8	54,1
Perte par tamisage et dans les cendres	3,4	15,5	2,8	1,7
Perte par combustion incomplète	3,6	4,1	8,6	17,2
Perte en chaleur dans les gaz évacués	16,6	7,5	17,6	12,9

On voit que le rendement baisse au fur et à mesure qu'augmentent les matières volatiles. Le détail des pertes montre, par ailleurs, que cette diminution de rendement est due à une augmentation des pertes par combustion incomplète. C'est ce que nous voulions faire ressortir.

Le foyer à l'intérieur du tube est une erreur : la couche en combustion est beaucoup trop proche de la tôle froide, qui éteint la flamme. Si dans une flamme de bougie on interpose une soucoupe froide, il y a arrêt de la combustion et formation de suie ; plus la flamme sera riche en hydrocarbures gazeux, plus la dissociation sera aisée et la production de suie abondante. Telle est l'explication des chiffres précédents.

Donc, pour améliorer le rendement d'une chaudière à foyers intérieurs, il faudra :

1° Eviter l'emploi des charbons gras ;

2° Rechercher les moyens de réaliser et de maintenir une haute température au foyer, soit par l'emploi de substances réfractaires dans le foyer, soit, mieux encore, en chauffant les tubes de flamme de l'extérieur.

La figure 1 (p. 375) montre un chauffage de chaudière Galloway par un foyer extérieur, le foyer Savary, dont il a déjà été question ici-même⁽¹⁾. Cette application était intéressante à signaler par la solution rationnelle qu'elle présente du problème du chauffage des générateurs à tube-foyer. Les tubes sont ramenés à leur seul rôle de vapo-risateurs, et leur surface entière est utilisée, ce qui améliore la circulation, égalise les dilatations, et augmente la vaporisation globale par mètre carré de surface de chauffe totale.

J. IZART.

NOTES D'ÉLECTRICITÉ

Des embrayages magnétiques. — Transformateurs de démarrage. — Locomotives électriques d'usines et de mines.

Des embrayages magnétiques. — L'une des premières applications de l'électricité industrielle fut l'emploi des embrayages magnétiques. Basés sur un principe très simple, ces appareils sont d'un prix élevé, en raison du poids de cuivre qu'ils renferment, et leur vogue du début doit être surtout attribuée à leur nouveauté. Bientôt de fâcheux inconvénients firent renoncer à leur utilisation, inconvénients dus autant aux mauvaises conditions de construction, qu'à l'inexpérience du personnel chargé de leur conduite. Le glissement des armatures à l'embrayage, la difficulté du décollage, la rupture des fils provenant d'une dislocation de la bobine, provoquée elle-même par de brusques changements de vitesse, enfin, une longue immobilisation des transmissions après avarie furent les principales causes de cet abandon. Quelques années plus tard, les constructions électro-mécaniques s'étant améliorées, les embrayages magnétiques furent à nouveau utilisés, mais avec plus de soins, en des circonstances judicieusement choisies. Leur emploi fut réservé aux cas particuliers où des embrayages ordinaires ne pouvaient convenir, soit du fait de leur fonctionnement, soit en raison de leur mode de commande. Les embrayages à poulie folle ou à cônes de friction ont un glissement appréciable et très souvent inégal pour deux manœuvres consécutives ; de plus, ils nécessitent des organes mécaniques accessoires de mise en marche très accessibles. Les embrayages magnétiques, par contre, possèdent cet avantage qu'ils peuvent trouver place partout, avec commande à grande distance, et les types récents présentent un fonctionnement toujours identique à lui-même. C'est ainsi que ces embrayages permettent de réunir, en un point central, les commandes des machines éloignées, tout en disposant plusieurs postes de mise en marche pour le même appareil ; enfin, certains travaux exigeant un embrayage rapide et très précis, ne peuvent être exécutés par des machines de type courant, si elles ne sont pas munies d'appareils magnétiques (raboteuses en particulier). De tels embrayages ont pu être réalisés, non seulement parce que les matériaux entrant dans leur construction ont subi, au point de vue électrique, une grande amélioration, mais surtout parce que des dispositifs spéciaux leur assurent de bonnes conditions de fonctionnement.

Actuellement, les bobinages sont faits sur formes rigides très résistantes (zinc ou aluminium), qui s'ajustent dans le corps magnétique. Ces formes sont ordinairement polygonales, de telle sorte que le fil a moins de tendances à s'enrouler sur lui-même, comme il le faisait sur formes circulaires. Au moment du bobinage, les couches successives sont enduites de vernis, formant liaison entre elles. Enfin, la bobine mise en place est noyée dans une matière isolante, fondant à température supérieure à l'échauffement maximum ; le tout forme un bloc à l'abri de toute humidité préjudiciable à l'isolement. Lorsqu'un embrayage est destiné à fournir un service continu, la densité du courant à admettre dans son circuit ne doit pas dépasser 0,2 ampères à 0,4 ampères par millimètre carré. L'échauffement est ainsi très limité, ce qui est indispensable, afin d'éviter les ruptures de fil qui suivent un déplacement de l'enroulement.

A la rupture du courant, le décollage doit être rapide, ce qui est obtenu en donnant à l'entrefer une valeur suffisante (réglable ordinaire-

ment). Cette disposition a encore l'avantage de limiter l'effet de self induction lors de sa période dangereuse, mais, par contre, elle nécessite plus de cuivre dans l'enroulement. L'entrefer ainsi réservé est maintenu, en disposant sur l'une des armatures des portions de secteurs en bois dur (analogues aux touches d'un commutateur circulaire). Le glissement à l'embrayage se trouve presque entièrement supprimé (même aux vitesses de 1 000 tours par minute, avec des disques de 750 mm de diamètre), et le choc très amorti : résultats que ne donne pas le bronze utilisé de la même manière.

La seule partie toujours délicate est le commutateur, que les étincelles de rupture mettent rapidement hors de service. Au lieu de le combiner avec un souffleur magnétique compliqué, il est préférable de rendre facilement amovibles les frotteurs, ainsi que les plots, et de les remplacer fréquemment.

Transformateurs de démarrage. — Dans une installation de moteurs d'induction polyphasés, de puissance moyenne démarrant à faible couple ou de grande puissance démarrant à vide, on prévoit presque toujours des moteurs à rotors bobinés. On peut, dans de pareils cas, utiliser cependant des moteurs à simple cage d'écureuil qui sont moins coûteux et ont divers autres avantages. Le démarrage se fait en envoyant, dans le stator du moteur, du courant à une tension réduite et, lorsque le moteur a atteint sa vitesse normale, on le branche sur le réseau.

Pour les moteurs alimentés par des réseaux à voltage supérieur à 6 000 volts, nécessitant par conséquent l'emploi de transformateurs, l'économie que l'on réalise en évitant le moteur à bagues est très importante. Elle est avantageuse pour les moteurs de puissance supérieure à 50 chevaux ou dans le cas de puissances plus faibles, pour les moteurs

qui doivent être complètement blindés. C'est, en particulier, dans ce dernier cas, qu'on juge intéressant d'employer des transformateurs de démarrage, même pour des moteurs à basse ou moyenne tension.

Dans le cas de basse ou moyenne tension, on emploie des autotransformateurs qui, le plus souvent, n'ont qu'une prise de courant intermédiaire. Une fois le moteur mis sur le réseau, l'autotransformateur est mis automatiquement hors circuit, pour éviter la fatigue des isolants. Dans l'hypothèse d'un démarrage à faible charge, il est préférable d'avoir plusieurs prises de courant intermédiaires. Les commutateurs permettant de passer d'une prise à l'autre sont du type rotatif, avec touches genre controller de tramway ; ils sont noyés dans l'huile et placés à côté des enroulements.

Dans le cas de haute tension, on utilise le transformateur réducteur de tension ; le commutateur construit comme précédemment constitue un appareil séparé. Avec cinq ou six touches, on peut obtenir, sans

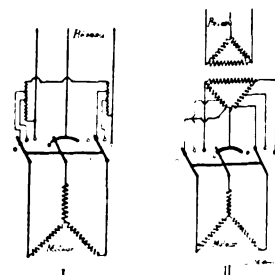


FIG. 1. — Schéma de montage de transformateurs de démarrage.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 4 (Janvier 1911), p. 49.

dépasser le courant de pleine charge, un couple égal au cinquième du couple normal.

Les schémas de montage sont représentés sur la figure 1 (p. 376).

On est limité par l'ampérage dans l'établissement de ces commutateurs. Ces limites sont approximativement les suivantes :

500 HP à 500 volts,
1 000 HP à 5 000 volts.

Nous connaissons certains de ces appareils de démarrage, établis par la maison Brown-Boveri, qui, combinés avec un appareillage complet, suppriment la nécessité d'un tableau et se prêtent tout particulièrement à des installations avec commande à distance.

Locomotives électriques d'usines et de mines (1). — L'emploi des locomotives électriques pour la traction des wagons et wagnons se généralise de plus en plus, non seulement dans les mines pour lesquelles les locomotives spéciales ont été établies, mais aussi dans les usines.

Un type courant de locomotive électrique industrielle, équipé avec deux moteurs de 15 HP, peut produire un effort de 700 kg avec une vitesse de 8 km à l'heure; cette vitesse peut être portée à 10 km, la

voie ayant 60 cm ou 80 cm de largeur. Une telle locomotive pèse 5 t. Le bâti est constitué par deux longerons en fonte réunis par deux traverses. Les moteurs, protégés par ce bâti, sont du type cuirassé, d'usage courant pour les tramways; ils attaquent les essieux par une seule réduction d'engrenage. La commande se fait par controller, type tramway.

Le prix du halage électrique avec ces machines varie entre 7 centimes et 10 centimes par tonne; il permet de réaliser une économie voisine de 50 % sur la traction animale (chevaux ou mules), le halage correspondant à une exploitation sensiblement régulière dans le cours d'une journée.

De nombreux types de locomotives pour usines sont établis normalement pour remorquer des trains de 40 t à une vitesse maximum de 10 km. D'après plusieurs états comparatifs de dépenses avec chevaux et avec locomotives électriques, nous avons relevé, pour les secondes, des économies variant de 30 % à 60 %.

Ces exemples font ressortir tout l'intérêt d'une solution à laquelle il semble qu'on se dispose à recourir de plus en plus.

E. SOUPEY,
Ingénieur des Arts et Manufactures,
Directeur du B. T. E.

NOTES DE MÉTALLURGIE

La corrosion des métaux. — Dessiccation de l'air des hauts fourneaux par le chlorure de calcium. — La soudure des soufflures et des cavités dans les lingots d'acier. — Quelques études sur les soudures.

La corrosion des métaux. — M. Percy-Longmuir a apporté au meeting de l'Iron and Steel Institute sa contribution à l'étude de la corrosion des métaux. Il a examiné l'influence des éléments extérieurs qui agissent sur la corrosion, tels que l'air des villes, l'eau de pluie, la suie; il a analysé l'air de différents locaux et a trouvé de grandes variations dans la teneur en soufre. Ce soufre se transforme en acide sulfurique et exerce son action de détérioration. M. Longmuir cite un laiton dont les impuretés de corrosion contenaient 28 % d'anhydride sulfurique.

Il en est de même dans la rouille de fer qui peut renfermer 0,13 % d'anhydride sulfurique. Les rails en service ont de la rouille qui contient de 0,6 % à 1,5 % d'anhydride sulfurique alors que l'acier constituant en a 0,06 %. M. Longmuir déclare qu'on a trop peu examiné l'influence de l'atmosphère sur la corrosion des métaux et qu'il ne faut pas apprécier celle-ci par la perte de poids que subissent les métaux, mais par les changements qu'ils subissent dans leurs propriétés.

Il a examiné des rails rompus en service, qui étaient primitivement excellents et il attribue la perte de leurs propriétés mécaniques à l'influence de la corrosion sur ces rails, pendant leur service. Il démontre, par des essais, qu'un même acier découpé par jet de sable, acide sulfurique, chlorhydrique, sels, etc., supporte des flexions répétées très différentes pour être rompu. Ce sont les acides qui agissent le plus défavorablement à ce point de vue.

Dessiccation de l'air des hauts fourneaux par le chlorure de calcium par MM. Daubiné et Roy. — Ce mémoire, présenté au meeting de l'Iron and Steel Institute (Mai 1911) par deux ingénieurs d'Auboué Société des Hauts Fourneaux de Pont-à-Mousson, expose le résultat des études de ces ingénieurs en vue de dessécher l'air qu'on insuffle dans les hauts fourneaux. Les usines de Differdange ont appliqué ce procédé. Les principes de ce dernier sont basés sur le fait que le chlorure de calcium absorbe l'eau contenue dans l'air insufflé. Gayley congèle cette eau au lieu de l'absorber. Les deux procédés ont pour but d'envoyer de l'air sec dans le fourneau et d'en améliorer le rendement.

Le chlorure de calcium est placé sur des claies disposées dans des tours. L'air aspiré par un ventilateur traverse ces dernières, en passant dans la masse de chlorure et s'y dessèche. Un serpentín d'eau,

placé dans le chlorure, empêche l'échauffement de ce sel. On arrête l'hydratation quand il se liquéfie à la surface. On ne doit pas dépasser la concentration correspondant au sel $\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

On régénère le chlorure en le chauffant entre 175° et 235°, température qui a été déterminée avec beaucoup de soins par les auteurs au moyen du diagramme d'équilibre des phases liquides et solides des différents hydrates qu'on peut obtenir. Les auteurs se sont aussi attachés à éviter la liquéfaction des hydrates. Nous renvoyons le lecteur au mémoire original pour de plus amples explications.

On réchauffe et on déshydrate le chlorure avec des fumées perdues d'usines, puis on le refroidit par le serpentín pour qu'il puisse servir à nouveau.

240 kg de chlorure, étalés en couches de 24 cm d'épaisseur, peuvent dessécher 300 m³ d'air et enlever 15 g d'humidité par mètre cube.

L'opération s'effectue dans trois appareils : l'un est en travail et dessèche l'air, pendant ce temps, l'autre est en refroidissement, le troisième est en régénération.

Pour un fourneau de 150 tonnes par jour l'usine de Differdange emploie trois appareils qui contiennent chacun 24 tonnes de chlorure. Chaque appareil reçoit le soufflage pendant six ou huit heures; après son passage dans le chlorure, l'air qui avait primitivement de 6 g à 8 g d'humidité n'en a plus que 1 g ou 1 g 5. La régénération demande quatre heures. On se sert, pour la réaliser, de gaz chaud provenant des chaudières ou des Cowpers; ces gaz ne contiennent que 0 g 4 de poussières par mètre cube et passent directement dans le chlorure. Le refroidissement exige trois heures.

Pour obtenir, avec le procédé Gayley, la même dessiccation qu'avec le procédé au chlorure, il faudrait refroidir l'air à -15°. Le prix de l'installation, dans le dernier cas, est le quart de ce qu'il est dans le premier cas.

La soudure des soufflures et des cavités dans les lingots d'acier. — Dans un mémoire, présenté également en mai 1911, au meeting de l'Iron and Steel Institute, M. J. Stead explique d'abord les conditions nécessaires pour la réussite des soudures métalliques : 1° les surfaces doivent être propres et débarrassées de substances étrangères infusibles telles que : oxydes de fer, scories, chaux; 2° elles doivent être en bon contact; 3° elles doivent être chauffées à une température aussi élevée que possible. Il a examiné comment des aciers à carburation variable entre 0,1 % et 1,4 % de carbone se soudaient. Il les soumit, après les avoir mis en contact sur leurs surfaces polies, à un chauffage à 900° dans l'hydrogène, et constata que, pour chacun d'eux, les surfaces en contact avaient cristallisé également et étaient collées l'une à l'autre; à 800°, les surfaces soudées étaient moins grandes.

M. Stead rechercha comment se soudent les aciers à 1,4 de carbone

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 9 (Août 1909), p. 384.

en les plaçant dans un tube qu'il enfouit dans une poche pleine de laitiers fondus ; il constata que la soudure était réalisée sur une largeur de 3 mm à 5 mm. Il indiqua ensuite comment les soufflures de barres peuvent se souder par forgeage. Pour cela, il créa des cavités par perçage de barres d'acier Bessemer, contenant 0,15 % de carbone, et les obtura par des bouchons d'acier. Il en chassa préalablement l'air au moyen de pétrole, puis il chauffa à différentes températures entre 755° C et 1 150° C ; il aplatit ensuite les barres au pilon, les laissa refroidir et les brisa transversalement pour examiner leur section. La pièce chauffée à 750° n'avait pas l'apparence d'être soudée ; à 950°, elle l'était à peine et à 1 150° elle l'était très bien. Il en fut de même pour l'acier à 1,4 de carbone.

M. Stead en conclut que deux surfaces métalliques propres, n'ayant ni scories, ni sulfure de manganèse, ni alumine, bien mises en contact et chauffées à 1 100° C se soudent complètement et que, par suite, les soufflures des lingots se soudent également bien. Puis il entre dans l'examen de la formation de ces soufflures et expose de très intéressantes théories qu'il serait trop long de reproduire ici. Il donne la composition du gaz qu'il a extrait des soufflures de lingots d'acier et qui est la suivante en volume : azote 5,83 % ; acide carbonique 23 % ; oxyde de carbone 50,50 ; hydrogène 17,17 ; méthane 3,50. D'après M. Stead, les fissures des pièces d'acier proviennent de soufflures dans lesquelles de l'oxyde de fer était inclus. Cet oxyde de fer a réagi sur le carbone de l'acier pour donner de l'oxyde de carbone qui produit les fissures. L'auteur a constaté que

les surfaces des retassures de lingots ont 0,06 ou plus de soufre et sont riches en sulfure de manganèse ; elles se soudent difficilement à cause de leurs impuretés.

Quelques études sur les soudures. — Un mémoire, présenté par MM. Law, Merrett et Digby, porte sur les propriétés mécaniques de soudures obtenues par divers procédés.

Le procédé de soudure par chauffage de surfaces à souder, au moyen d'un courant, a donné les résultats suivants : un acier qui, sans soudure, donne une limite élastique de 30 kg par mm², une résistance à la rupture de 43 kg, un allongement de 35 %, ne donne plus que de 10 kg à 25 kg de limite élastique, de 19 kg à 25 kg de charge de rupture, et de 4 % à 15 % d'allongement. Les auteurs signalent la cristallisation grossière du métal près des soudures et les effets bienfaisants d'un recuit sur ces dernières.

La soudure à l'acétylène donne de meilleurs résultats, avec des limites élastiques de 27 kg et des charges de rupture de 38 kg ; les auteurs la préconisent avec emploi du recuit après soudure.

Le chalumeau à gaz d'eau donne des soudures ayant de faibles résistances, mais de bons allongements et de bonnes strictiones. Le microscope permet de déceler, d'après la nature des surfaces examinées, le genre de soudure qui a été employé ; les auteurs recommandent d'éviter l'oxydation des surfaces pour réaliser une bonne soudure.

P. BRULL.

NOTES DE CHIMIE

Les très basses températures en chimie. — Note sur les hydrosulfites. — L'industrie des cyanures. — Phototypie. — L'inflammabilité du celluloid. — Constructions en pierres factices.

Les très basses températures en chimie. — Le professeur Raoul Pictet a fait à la Royal Society of Arts de Londres, le 17 mai dernier, une conférence des plus remarquables sur les basses températures et l'action qu'elles exercent sur les phénomènes astronomiques, physiques, chimiques, vitaux et psychiques.

Pour obtenir des températures allant jusqu'à — 213° C, M. Pictet refroidit les corps au moyen de trois cycles successifs fonctionnant chacun entre des limites de température pas trop écartées.

Le premier cycle fonctionne au moyen d'un mélange d'acide sulfurique anhydre et d'acide carbonique. Ce liquide, introduit dans la double enveloppe des cylindres, permet de les refroidir aisément à — 100° C. Les vapeurs sont liquéfiées de nouveau dans des serpentins noyés dans de l'eau ordinaire courante, et le liquide, ainsi reconstitué, sert à alimenter l'opération frigorifique, car il suffit d'entr'ouvrir légèrement un robinet reliant le bas du condenseur avec la double enveloppe, pour que le liquide volatil se précipite de lui-même dans cette enceinte où la pression est beaucoup plus faible ; il y prend instantanément la température correspondant à la pression des vapeurs dans l'appareil.

Le deuxième cycle fonctionne au moyen du protoxyde d'azote ou de l'éthylène. Pour obtenir le gaz à l'état liquide, on se sert des basses températures que le premier cycle procure. On liquéfie le protoxyde d'azote dans un cylindre horizontal refroidi à — 80° C, sous une pression de 6 atmosphères à 12 atmosphères ; on produit 25 kg ou 30 kg à l'heure. Ce protoxyde d'azote liquide, déjà très froid, passe dans la double enveloppe d'un cylindre vertical, et, en y faisant le vide, on obtient l'évaporation du protoxyde d'azote avec un abaissement de température de — 135° C à — 150° C. Les vapeurs sont aspirées par des compresseurs et reliquifiées incessamment pour retourner dans le cylindre réfrigérant sous forme liquide.

Ces deux premiers cycles sont fermés et continus ; ils fonctionnent aussi longtemps qu'on le veut, à toutes les températures comprises dans les limites indiquées, en réglant la vitesse relative des compresseurs et en modifiant les ouvertures des vannes sur les canalisations des vapeurs. Le règlement de la marche peut être suivi d'une façon mathématique, et avec plus de facilité que pour une machine à haute température.

Le troisième cycle est obtenu par la liquéfaction de l'air atmosphérique dans un tube horizontal refroidi au-dessous de — 120° C par le jeu du deuxième cycle. Une pompe à glycérine comprime 700 litres d'air à la pression de 200 atmosphères dans le tube central du réfrigérant du deuxième cycle ; sous une chute de pression à 90 atmosphères, l'air se liquéfie ; en laissant sortir cet air liquéfié dans une petite enceinte refroidie, on atteint — 210° C ou — 213° C, qui est la température extrême à laquelle on parvient par le vide au-dessus de l'air atmosphérique liquide. Ce troisième cycle est intermittent et non fermé. Il donne par heure 1 kg 5 d'air liquide.

De toutes les expériences réalisées par M. Pictet, on peut déduire les conséquences suivantes :

1° Les corps chimiques ne se combinent pas directement aux basses températures ;

2° Ils ne se combinent qu'avec le secours d'une énergie étrangère, électrique ou calorifique, et la réaction ne se produit d'abord qu'aux places électives où cette énergie se fait sentir ;

3° A un moment, la température se relève brusquement, sans qu'on puisse en être maître, au-dessus d'une température limite à laquelle commence une réaction en masse.

4° Les températures pour lesquelles on peut maintenir une réaction limitée sont d'autant plus basses que les affinités des corps sont plus grandes et leur contact plus intime.

M. Raoul Pictet a l'espoir que les phénomènes chimiques pourront être transformés par l'emploi des basses températures. En particulier, il pose les premiers jalons d'une nouvelle méthode synthétique de préparation de tous les corps en étudiant méthodiquement les réactions limitées des différents corps les uns sur les autres.

Sur les hydrosulfites. — Les hydrosulfites sont des corps fort intéressants par leurs propriétés réductrices. Ils ont trouvé des applications dans le montage des cuves à l'indigo, dans le rongage des couleurs d'impression, dans la décoloration et la conservation des jus sucrés, etc.

Leur découverte est due à P. Schützenberger (1869) ; il les obtint en faisant agir le zinc sur un bisulfite. A. Bernthsen et les chimistes de la Badische Anilin und Soda Fabrik en ont fait une étude développée (1881).

L'application à la préparation d'une cuve d'indigo est due à P. Schützenberger et F. de Lalande (1871). Les hydrosulfites alcalins et alcalinoterreux, mis en présence d'indigo et d'alcali, réduisent l'indigo presque instantanément, et l'on a ainsi une solution alcaline

d'indigo blanc qu'il suffit d'ajouter à la cuve de teinture. La cuve à l'hydrosulfite est surtout employée pour la teinture des laines.

Les hydrosulfites sont, en général, des corps très instables. Le problème de leur stabilisation passionna pendant plusieurs années les chercheurs. J. Grossmann, de Manchester, fit ressortir la stabilité des hydrosulfites peu solubles ou insolubles : Bazlen, à la Badische, celle des hydrosulfites solides et purs ; il faut citer aussi, parmi les hydrosulfites peu solubles : l'hydrosulfite de zinc des Farbwerke de Höchst, un hydrosulfite de calcium de L. Descamps ; et enfin, dans un autre ordre d'idées, la stabilisation des hydrosulfites par l'action des aldéhydes, les travaux des chimistes de la Société-Emile Zundel, de C. Kurz et de L. Descamps.

Ce sont particulièrement les hydrosulfites-formaldéhydes qui ont trouvé leur application dans l'impression des tissus pour les enlèves sur fonds colorés, pour la fixation des colorants à l'état de composés blancs, réduits et oxydables, à l'image de l'indigo blanc.

Cette double application en impression a fait l'objet de nombreux travaux qu'on trouvera, soit dans les brevets allemands, anglais, français, etc., soit dans le bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.

Quant à l'application des hydrosulfites à la décoloration et à la conservation des jus sucrés, l'exposé en a été fait dans le Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie.

Sur l'industrie des cyanures. — La production de l'or, en 1909, a atteint 690 000 kg, et le quart de cette production provient de la cyanuration.

La cyanuration a été introduite, en 1891, et de ce moment, la courbe de la production de l'or, qui s'était maintenue entre 150 000 kg et 200 000 kg de 1880 à 1891, a progressé presque régulièrement jusqu'à atteindre, en 1909, le chiffre précité.

Dans la même période, le prix du cyanure a diminué de 342 %.

D'après M. W. Neill, chimiste de la Cassel cyanide Co de Glasgow Engineering and mining journal du 6 mai, le cyanure de sodium est le produit commercial, et il se vend sous trois formes, à 90-100 %, à 120 %, et à 128-120 % de KCN (cyanure de potassium). Les marques à 100 % et à 130 % se fabriquent en Grande-Bretagne, en Amérique et sur le Continent ; la marque à 120 % se fabrique seulement dans les usines continentales.

Les marques de 100 % à 130 % s'obtiennent généralement, par voie sèche, soit par le procédé Castner au sodium et à l'ammoniac, soit au sodium et au ferrocyanure provenant des usines à gaz ; ces deux marques sont vendues à l'état fondu. La marque à 120 % se vend sous forme de comprimés ; on l'obtient par la calcination des vinasses de betteraves ; il se produit, lors de cette calcination, un gaz riche en ammoniac et en cyanure d'hydrogène.

En dehors de l'utilisation des cyanures dans la cyanuration de l'or, on consomme quelques centaines de tonnes de la marque à 98-100 % pour les procédés électrolytiques de dépôts métalliques et comme insecticides en arboriculture.

Phototypie. — Le procédé photographique de Charles Cros, qu'il a appelé hydrotypie (1882), est basé sur le fait que la gélatine bichromatée, non insolée, a la propriété d'absorber une solution de matière colorante, tandis que les parties d'une plaque de verre recouverte de gélatine qui ont subi l'insolation derrière un positif deviennent imperméables à la solution colorante. Il en résulte la possibilité d'obtenir une image colorée positive derrière un cliché positif.

M. L. Lemaire, membre de la Société industrielle du nord de la France, a repris les essais de Ch. Cros, en utilisant les nombreuses matières colorantes que l'industrie met aujourd'hui à notre disposition. (Bulletin de la Société industrielle du Nord, avril 1911, p. 239 à 250). Le phénomène employé est plus complexe que Cros ne le pensait. M. L. Lemaire a trouvé trois cas différents : la matière colorante peut, ou ne pas teindre du tout la gélatine ; ou la teindre en raison de l'intensité du positif, de façon à avoir une gamme de tons allant des blancs aux couleurs intenses ; ou bien la teindre également, en sorte qu'il n'existe pas de blancs.

Les matières colorantes à étudier sont uniquement celles qui donnent une solution véritable dans l'eau.

MM. F. Curtis et P. Lemoult (Comptes rendus de l'Académie des sciences, 13 juin 1905) ont établi qu'il existe une relation entre la composition de la matière colorante et son électivité pour le tissu

collogène : plus la matière colorante renferme de groupes sulfo, plus elle est élective. De même, M. Lemaire a constaté que les colorants qui teignent bien la gélatine sont généralement sulfonés, mais la loi Curtis-Lemoult n'est pas toujours applicable, puisque des corps nitrés comme l'éosine, l'érythrosine, teignent également bien la gélatine bichromatée.

Comment la gélatine teinte résiste-t-elle aux actions dégradantes de l'air et de la lumière ? On conçoit que les qualités de résistance des teintures obtenues sur les fibres textiles, en opérant à chaud et en additionnant les bains de produits capables de précipiter, sur les fibres, des laques colorées, soient très différentes de celles obtenues par simple réaction à froid et en solution aqueuse. Aussi de nombreux colorants, qui sont généralement considérés comme solides sur les textiles, se sont montrés inférieurs sur la gélatine.

L'altération ne se produit qu'en présence de l'air, car, protégées par une plaque de verre, les gélatines colorées ne s'altèrent que lentement.

Un passage subséquent en alun de chrome ou en sulfate de cuivre a rendu moins altérables certaines de ces couleurs.

Les ponceaux S extra et breveté 6R, l'azorubis S, la lanafuchsine 6B, le jaune métanile, le jaune SS, le jaune solide diamine A, le jaune de quinoléine, le jaune acide solide 2 GL, le vert solide extra-bien, le vert Guinée B, le vert naphтол B, le vert brillant d'alizarine G, le bleu diamine 2B, le cyanol d'alizarine BF, le violet lanacyl B, les noirs diamine 4B, 10B, S4B n'ont accusé aucun changement appréciable au bout de trois mois.

(Voir le mémoire original pour la technique des procédés permettant d'obtenir des positifs colorés sur verre destinés aux projections, à la stéréoscopie ou à la confection de vitraux.)

Sur l'inflammabilité du celluloid. — Il est peu de produits qui aient causé des accidents aussi nombreux et aussi terribles que le celluloid. M. Panzer, dans le Journal de chimie autrichien, remarque que la cause en est due à ce que, presque tous, nous portons souvent quelque objet en celluloid : agrafes, boucles, objets de lingerie, boutons, manches de cannes, etc., et à ce que le celluloid est une matière très inflammable. La facilité d'inflammabilité du celluloid est telle que l'on cite plusieurs cas de dames qui ont eu les cheveux brûlés par l'inflammation d'un peigne en celluloid, parce qu'elles s'étaient approchées d'un poêle modérément chauffé.

La température d'inflammation du celluloid est très variable, puisqu'elle peut se tenir, d'après M. Panzer, dans les limites de 107° à 185°. L'action concentrée des rayons solaires, la chaleur rayonnée par un poêle suffisent à réaliser cette inflammation, ou si l'on veut à transformer le celluloid en produits gazeux. Ce qui est terrible, c'est que la transformation, une fois commencée, même sans qu'il y ait flamme, se continue, se développe par ses propres forces (comme c'est le cas pour les explosifs, même en atmosphère inerte d'azote ou d'acide carbonique), et donne lieu à une explosion violente. M. Panzer démontre que les produits gazeux ne concourent guère à l'explosion ; ce sont les vapeurs de camphre qu'il faut mettre seules en cause.

Dans ses essais, 100 g de celluloid ont donné, en se décomposant sans inflammation : 1 g d'azote, 1,9 d'oxyde azoteux, 2 g d'anhydride carbonique, 7 g d'oxyde de carbone, 12 g d'oxyde azotique, soit 24 g 8 de produits gazeux ; et 54 g 4 de produits liquides volatils, soit 24 g de camphre, 20 g 9 d'eau, matières organiques, etc., 13 g d'acide azotique ; et enfin 16 g 8 d'un résidu charbonneux conservant la forme de l'objet.

Constructions en pierres artificielles. — Dans les constructions, on tend à substituer à la pierre de taille la pierre artificielle, formée par exemple de 350 kg de ciment de Portland, 400 dm³ de sable siliceux tamisé, 800 dm³ de gravier ordinaire. Pour les corniches ayant un fort porte-à-faux, on augmente le ciment jusqu'à 400 kg.

Les moules sont en tôle rendue rigide par des cornières extérieures. On les nettoie avec une brosse en chiendent et du savon noir ; on les laisse sécher. Au moment de les utiliser, on les graisse avec de l'eau de savon noir qu'on fait mousser avec une brosse.

M. le capitaine du génie *Lakeur* (Revue du Génie militaire, janvier 1908, p. 53), conseille de mettre à part 100 kg de ciment par mètre cube prélevé sur le dosage pour le finissage et les opérations accessoires. On garnit les parois du moule d'une légère couche de mortier, de façon qu'au pilonnage les cailloux n'apparaissent pas à la

surface. Le béton est coulé et pilonné. Au démontage, on fait disparaître les défauts des faces et des arêtes, on lisse au bouclier ou à la spatule, on passe la brosse à badigeonner imbibée de lait de ciment pour donner le grain de la pierre.

Les moules en bois exposent à des déformations sur les dièdres.

M. le capitaine du génie *Barré* (Revue du Génie militaire, avril 1911, p. 319) a étudié la résistance de ces pierres factices. Au bout de deux mois, elles ont acquis leur résistance définitive, mais on peut en faire usage au bout de cinq semaines. Avec un coefficient de sécurité égal à 10, on peut adopter une valeur de la résistance à la compression de 15 kg par centimètre carré. Des spécimens qu'on croirait identiques présentent de grandes différences dues à la main-d'œuvre; aussi la confection d'une pierre ne doit pas être interrompue, sous

quelque prétexte que ce soit; et il faut se servir de matériaux bien homogènes, en particulier, d'un mortier provenant d'une même gâchée faite au moment de l'utilisation.

Les valeurs pour la résistance à l'écrasement sont de 240 kg par centimètre carré pour la pierre factice en question (de 520 kg à 320 kg pour la pierre d'Auville selon le choix, et de 540 kg à 298 kg pour la pierre de Lérrouville).

L'emploi de la pierre artificielle a donné lieu à une économie de 30 000 fr dans une construction militaire à Châlons-sur-Marne. La pierre factice revient, mise en place, à 55 fr le mètre cube, alors que la maçonnerie de pierre de taille dure et demi-dure monte de 73 fr à 82 fr non compris la taille, qui fait porter le mètre cube au prix de 89 fr. à 106 fr.

J. GARÇON.

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AÉRODYNAMIQUE

Expériences faites au moyen de l'installation de mesures aérodynamiques de l'établissement d'aviation de Vincennes. — L'installation a pour but d'effectuer les mesures aérodynamiques sur des appareils aériens de grandeur naturelle qu'on déplace en air calme. L'appareil en essai est suspendu à un chariot qui roule sur un câble tendu de 155 m de portée, suffisamment incliné pour qu'on puisse réaliser des vitesses de 12 m par l'effet de la pesanteur.

Pour faire une mesure, on amène le chariot au milieu du câble, de manière à enregistrer au point fixe les efforts dus à la pesanteur. Puis, on procède au lancement. Les composantes de la résistance de l'air sont données par les ordonnées des courbes dynamométriques comptées à partir des tracés qu'on a obtenus au point fixe.

Les expériences ont été faites : 1° sur un appareil Wright réduit à sa cellule principale; 2° sur un appareil complet modèle 1910, les axes des hélices étant placés parallèlement au chariot.

Dans le premier cas, le rapport des composantes de la résistance de l'air a été trouvé voisin de 1/8; la résultante perçait le plan inférieur à environ 0^m,80 de son bord antérieur.

Dans le second cas, on a trouvé respectivement $\frac{1}{6,3}$ et 0^m,05 en arrière du bord antérieur du plan inférieur.

Ces résultats concordent avec ceux que Wilbur Wright a obtenus. (Note de M. J. Olive, présentée par M. L. Lecornu à l'Ac. des Sciences, 8 mai 1911.)

Sur la bonne tenue de l'aéroplane en air agité. — Il semble qu'un aéroplane ayant son engrenage attaqué par dessus et présentant une voilure légèrement pliée en accent circonflexe, puisse, moyennant certaines dispositions de construction, rester stable en air calme et se bien comporter, d'autre part, en air agité.

(Communication de M. le capitaine *Duchêne*, présentée par M. L. Lecornu à l'Ac. des Sciences, 15 mai 1911.)

ÉLECTRICITÉ

L'installation des lignes électriques dans les pays exposés aux mouvements sismiques. — A la suite du tremblement de terre de Sicile en 1908, l'auteur a constaté que les lignes électriques peuvent aider à la destruction des monuments qui les soutiennent. Il recommande de former près des isolateurs une sorte de spirale maintenue par un fil de résistance mécanique peu élevé. Ce dernier cède sitôt qu'il se produit une brusque tension mécanique du conducteur.

(Communication de M. F. *Ruffolo*, Atti della Associazione Elettrotecnica Italiana, février 1911.)

Les lampes à filament métallique. — La température maximum à laquelle on peut porter un filament dans le vide de l'ampoule dépend de la vitesse de désintégration de la vapeur du filament, si la tension de la vapeur est élevée (charbon), et du point de fusion si cette tension est basse (tungstène).

Les métaux diffèrent les uns des autres non seulement par leur résistance à la température, mais encore par leur pouvoir émissif, leur pouvoir sélectif, leur résistance mécanique, etc.

L'osmium a un grand pouvoir sélectif, le tungstène est moins bon à cet égard, mais il supporte des températures plus élevées.

Pour étudier la résistance mécanique d'un filament, on opère à froid en plaçant l'ampoule sur un bloc et en soumettant celui-ci au choc d'une masse suspendue, ou en plaçant l'ampoule dans une boîte que l'on jette de hauteurs différentes, etc.

Les filaments sont soumis à l'action de rouleaux de poids croissants: ils sont essayés à la traction, etc.

Des essais intéressants sont ceux de la résistance à la flexion; ils s'effectuent au moyen d'une balance spéciale, dont l'un des côtés porte un poids taillé en biseau, contre lequel s'appuie le filament placé sur un chevalet à vis de réglage, et dont l'autre côté se termine par un poids cylindrique plongeant dans l'eau. Les efforts sont mesurés par le déplacement du niveau du liquide.

Ce déplacement lui-même se mesure grâce à un flotteur suspendu à un fil de soie passant sur une poulie à index.

(Communication de M. G. S. *Merrill* au Franklin Institute, avril 1911.)

Rendement des lampes à incandescence. — Q étant la quantité totale d'énergie électrique absorbée par seconde par la lampe, R l'énergie totale rayonnée et L l'énergie lumineuse fournie, dans le même temps, on appelle : rendement lumineux, le rapport L : Q et rendement de rayonnement, le rapport L : R.

D'après C. V. *Drysdale*, les pertes par conduction et par convection (Q — R) sont à peine de 2 ou 3 %.

L'auteur a cherché à déterminer le rendement de rayonnement de différentes lampes par une méthode nouvelle, exempte des défauts que l'on peut reprocher aux méthodes ordinaires.

Il a trouvé les valeurs moyennes suivantes :

Filament de carbone	2,9 %
Osmium	5,2
Tantal	6,5
Tungstène	7,5

(Communication de M. R. A. *Houston* à la Royal Society, avril 1911.)

Sur un voltmètre électrostatique à lecture directe pour très hautes tensions. — Le voltmètre électrostatique se présente sous la forme d'une boîte cylindrique isolée d'une vingtaine de centimètres de diamètre. A l'intérieur, une tige horizontale, suspendue par deux minces rubans d'acier, de manière à former un parallélogramme articulé, constitue un pendule à translation dont le mouvement se transmet à l'aiguille inductrice. Tout le mécanisme, étant placé dans une enceinte métallique fermée, se trouve complètement protégé électriquement. L'une des extrémités de la tige horizontale du pendule est pourvue d'un amortisseur à air, l'autre extrémité porte l'organe soumis aux forces électriques. Cette pièce est une capsule à bords droits en aluminium arc-bouté. Son fond, bombé, forme piston et affleure au niveau d'une ouverture pratiquée au milieu de la paroi cylindrique de la boîte. Cette boîte et la capsule constituent un conducteur dont une partie de la surface est mobile et transmet son mouvement à l'aiguille indicatrice. En face de la paroi mobile, un large plateau attirant est tenu verticalement par un support isolant.

Selon la distance à laquelle on fixe ce plateau, on donne à l'appareil plusieurs sensibilités : un écartement de 10 à 20 cm convient pour les voltages de 100 kilovolts à 200 kilovolts.
(Note de MM. P. Villard et H. Abraham à l'Ac. des Sciences, 1^{er} mai 1911.)

L'électrolyse appliquée au traitement des sables aurifères. — On peut évaluer que l'application de l'électrolyse à la cyanuration et à l'amalgamation augmenterait de 25 % la production actuelle en or.

Communication de M. E. E. Carey, à l'American Electrochemical Society, 7 avril 1911.)

HYGIÈNE

L'humidité dans les constructions et procédés pour y remédier. — Tous les matériaux de construction sont poreux à des degrés différents, et c'est en raison de cette porosité que la capillarité et l'osmose, la saturation et la condensation obligent l'humidité à les pénétrer soit à l'état liquide, soit à l'état gazeux.

Pour donner une idée exacte de ces phénomènes, M. Knapen montre les différentes phases d'une expérience hygrométrique et hygroscopique exécutée au moyen de prismes en terre cuite de porosité différente, dont la base est en contact avec de l'eau distillée. La hauteur d'imbibition prise à des temps différents indique d'une façon saisissante comment la capillarité peut agir dans des matériaux de fondations en contact avec le sol mouillé. Des murs de différents matériaux et d'exposition ou orientation diverses montrent, par les détériorations qu'ils ont subies, combien l'imperméabilisation complète des parois au-dessus du sol est une erreur de constructeur.

Il faut empêcher l'eau extérieure d'entrer; mais, dans les murs en élévation sujets aux différences thermiques, il faut conserver la porosité intérieure en laissant échapper les gaz en tension derrière les parois imperméabilisées, ou évaporer et faire sortir l'eau que la capillarité et la condensation ont pu y accumuler.

Cette étude est suivie d'un exposé des remèdes connus jusqu'ici, avec les raisons pour lesquelles leurs résultats ne peuvent être définitifs.

L'auteur fait alors connaître ses expériences et enfin le nouvel élément de construction qu'il a créé, grâce au système qu'il préconise. L'appareil est formé d'une brique ordinaire perforée obliquement et d'un prisme de terre cuite de 65 mm de côté également perforé.

Ces appareils sont introduits, sur une ou plusieurs rangées, dans les constructions à assécher ou à entretenir dans un état hygrométrique normal. Ils pénètrent jusqu'au milieu du mur. Ils doivent avoir un diamètre compris entre 26 et 36 mm. Ils doivent également être posés à une certaine distance l'un de l'autre, pour que leurs rayons d'action, qui dépendent de la pente du canal et du coefficient de porosité des matériaux, puissent se recouper.

Le conférencier explique comment, au cours de ses recherches, il a découvert la propriété des arêtes, qui à l'intersection de deux plans dans les corps poreux, sont les parties qui arrivent les premières au point de rosée. Comme conséquence, il a donné la forme triangulaire, et un coefficient de porosité déterminé à chacun de ses éléments nouveaux. Ceux-ci, placés à demeure dans les murs, constituent de véritables accumulateurs d'humidité renfermant chacun dans leur intérieur un siphon atmosphérique monobranche à mouvement automatique continu, qui à son tour expulse l'humidité accumulée par l'élément poreux.

L'air, entrant à un degré hygrométrique moindre, pénètre au fond du canal, se sature de l'humidité ambiante, et est expulsé par sa différence de densité et la différence de température occasionnée par l'évaporation. Le mouvement se continue ainsi, jusqu'à assèchement au degré hygrométrique normal, aussi longtemps qu'il y a déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur du mur.

Dans les locaux fermés, l'humidité extraite est expulsée par un système dit d'aération différentielle, dû également à M. Knapen.

Au musée des arts rétrospectifs du cinquantenaire, à Bruxelles, 12 500 de ses siphons ont mis ce bâtiment placé sous toiture en fin février seulement, en état de recevoir les tableaux de l'époque de Rubens pour l'exposition internationale de 1910. Ils en sont sortis indemnes, l'exposition terminée.

Un ancien bâtiment, le groupe scolaire de Gennevilliers, inondé

l'année dernière a été remis en état normal trente jours après le retrait des eaux.

(Communication de M. Knapen à la Soc. des Ingénieurs civils, 7 avril 1911.)

De la fumée des locomotives dans Chicago. — De nombreuses recherches furent faites pour diminuer le dégagement de fumées dues aux locomotives circulant dans Chicago. Il y a en effet 4 000 km de voies ferrées sur lesquelles circulent journellement 1 400 locomotives. Bien que ne consommant que 18,5 % de la houille brûlée dans la ville, ces locomotives fournissent 43 % de la fumée dégagée. De plus, cette fumée est beaucoup plus salissante que celle dégagée par les usines, car elle contient des cendres et des escarbilles. Le moyen employé pour déterminer la densité de la fumée consiste à comparer la teinte avec la coloration donnée par l'échelle de Ringlemann. On construit cette échelle en figurant sur une feuille de papier blanc un quadrillage en traits noirs, de façon à ce que le noir occupe 0-20-40-60-80-100 % de la surface blanche du papier, et en plaçant ces feuilles à une distance déterminée de l'œil.

Grâce à une amélioration du tirage, l'emploi de combustibles plus maigres, on est arrivé à diminuer de moitié la quantité de fumées dégagées dans l'atmosphère.

L'emploi de l'anthracite donne d'excellents résultats, mais il est d'un prix de revient trop élevé; le coke ne donne lieu à aucun dégagement de fumée mais augmente la proportion d'étincelles et de cendres. Le seul remède efficace consiste dans l'électrification, actuellement à l'étude, de tous les engins de traction.

(Rapport de M. Paul P. Bird, à la Western Society of Engineers, 15 février 1911.)

MÉCANIQUE

Méthodes d'essais comparées des machines à vapeur et des moteurs à gaz. — Lorsque l'on fait l'essai d'une machine à vapeur ou d'un moteur à gaz, on peut se proposer, soit de vérifier simplement comment se fait la distribution, soit de déterminer la puissance disponible dans certaines conditions, soit de mesurer en même temps la puissance et la consommation des machines.

En ce qui concerne le premier point, le meilleur moyen d'investigation est le relevé de diagrammes. Pour la machine à vapeur, on obtient ainsi des résultats précis. Pour le moteur à gaz, la lecture de diagrammes est moins facile, car ceux-ci peuvent être incorrects sans dérangement dans la distribution proprement dite, et simplement du fait d'une mauvaise formation de mélange ou d'un allumage qui ne se fait pas exactement en temps voulu : ces relevés n'en sont que plus utiles et on peut s'étonner que la plupart des industriels ne s'en préoccupent pas.

En ce qui concerne la détermination de la puissance des machines et l'évaluation de leur consommation, on se contente généralement, pour les machines à vapeur, de s'en rapporter simplement au travail indiqué. Cet usage qui a prévalu, et qui n'avait pas d'inconvénient lorsque la machine à vapeur n'avait pas de concurrent, ne laisse pas que de présenter des difficultés pour établir un parallèle entre les résultats donnés par les machines à vapeur et les moteurs à gaz.

Les constructeurs des machines à vapeur font, il est vrai, observer que, pour passer au travail effectif, il suffit de relever des diagrammes à vide. Cette pratique est nettement à leur avantage, surtout dans le cas de machines à vapeur surchauffée, car les résistances passives sont moindres à vide qu'en charge.

Il reste, dans tous les cas, la difficulté de passer correctement de la consommation en vapeur à la consommation en charbon, étant donnée, en particulier, l'influence prépondérante de l'habileté du chauffeur sur le rendement des chaudières.

On a proposé, pour rendre les comparaisons plus faciles, d'essayer les moteurs à gaz à l'indicateur comme les machines à vapeur, et de déterminer également leur résistance passive par des diagrammes pris à vide.

Cette manière de faire serait ici désastreuse pour les constructeurs, car les diagrammes à vide d'un moteur à gaz sont toujours déformés par des combustions lentes qui brûlent les huiles de graissage et font que, pour ce genre de machine, à l'inverse de ce qui se passe pour la machine à vapeur, les résistances passives sont incomparablement plus grandes à vide qu'en charge.

Devant ces difficultés, on a dû se résoudre à ne faire la vérification de la puissance et de la consommation des moteurs à gaz pauvre

qu'au frein et en charbon. Pour l'industriel, c'est évidemment préférable.

Mais les résultats donnés par les freins sont tenus souvent pour suspects, car ces appareils ont la réputation d'être instables.

M. Letombe décrit un dispositif très simple, auquel il a été amené après de nombreux essais, permettant de tenir un frein en équilibre stable pendant un nombre quelconque d'heures, quand le régime de marche est établi.

Malgré la difficulté des comparaisons, on peut estimer qu'actuellement, en tenant compte des consommations et de la valeur des combustibles, on peut obtenir, hors Paris, le cheval-heure effectif, au prix de 0 fr 018 avec d'excellentes machines à vapeur ou avec des moteurs à combustion utilisant des huiles de goudron de houille, 0 fr 015 avec des installations à gaz pauvre alimentées de charbon maigre, et 0 fr 01 quand on se sert, dans ce dernier cas, comme combustible, de grésillons de coke.

Pour arriver à de pareils résultats dans l'un ou l'autre cas, il faut naturellement des installations très bien conduites.

(Communication de M. Letombe à la Soc. des Ingénieurs civils, 5 mai 1911.)

MÉTALLURGIE

Les progrès des métallurgies autres que la sidérurgie et leur état actuel en France (cuivre, plomb, argent, zinc, étain, antimoine, bismuth, nickel, cobalt). — 1° GÉNÉRALITÉS. — Les différentes méthodes utilisées en métallurgie (voie sèche et voie humide) et les traitements appliqués aux différents minerais, sont :

a) Métaux natifs : fusion scorifiante (minerai Corocoro) : dissolution et précipitation (or et argent par le cyanure de potassium) ;

b) Oxydes et carbonates : fusion ou vaporisation réductrice (fer, cuivre, plomb, zinc, etc.) ; électrolyse (aluminium), volatilisation du métal (obtenu par réduction à l'hydrogène sous forme de carbonyle (nickel) ;

c) Sulfures : grillage oxydant simple (mercure) ; rôlissage (cuivre, plomb) ; fusion et précipitation (employée incidemment : plomb, mercure ; ou normalement (antimoine) : grillage à mort et réduction (plomb) ; grillage à mort et dissolution (argent) ; grillage chlorurant et dissolution ; grillage oxydant partiel et dissolution.

d) Silicates : réduction directe avec ou sans addition de chaux (zinc, autrefois nickel) ; formation de mattes par addition de matières sulfureuses (nickel) ;

e) Affinage des métaux : oxydation des impuretés (plomb) ; liquation (zinc, plomb) ; formation d'alliages (désargention par zingage) ; dissolution partielle (cuivre, argent) ; électrolyse (cuivre, zinc, plomb, argent).

2° MÉTALLURGIE DU CUIVRE. — Les méthodes utilisées dans la métallurgie du cuivre sont les suivantes :

Fusion au water-jacket ou au réverbère et rôlissage ;

Fusion au water-jacket ou au réverbère avec conversion ;

Lavage oxydant et précipitation (minerais pauvres de Huelva).

Les progrès récents de la métallurgie du cuivre peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

a) Dans les water-jackets : l'extension de la longueur (section de 6 m X 1^m 20, capacité de 500 t par 24 heures) ; la généralisation de l'avant-creuset (diamètre : 5 m) ; l'amélioration des jackets (emploi de l'acier soudé) ; la meilleure utilisation de l'eau de refroidissement (on va jusqu'à l'ébullition) ; le soufflage à l'air chaud ; l'emploi du mélangeur pour mattes (capacité 26 t à Granby) ; l'utilisation des gaz au Mansfeld malgré son bas pouvoir calorifique (550 à 700 calories) ; l'essai de water-jackets à creuset profond muni de tuyères pour produire directement le cuivre ;

b) Dans les convertisseurs : l'abandon du convertisseur Parrot ; la généralisation du type Bisbee ; l'emploi du convertisseur pour traiter, à l'état cru, des minerais de cuivre renfermant trop de zinc ; l'utilisation du convertisseur pour obtenir directement des mattes avec des minerais pauvres ; l'emploi possible du convertisseur basique avec des minerais peu siliceux ou des mattes ;

c) Dans les fours à réverbère : l'augmentation de la capacité et le chauffage par gazogène avec récupération ;

L'emploi de la méthode du réacteur, dont le principe consiste dans l'insufflation d'un mélange d'air, de vapeur et de silice pour opérer simultanément l'oxydation et la scorification, est un des progrès les plus intéressants.

3° MÉTALLURGIE DU PLOMB. — En ce qui concerne la métallurgie du plomb les progrès effectués sont :

a) Dans le grillage (ce sont les principaux et les plus récents) : les progrès dans les fours mécaniques, dans les convertisseurs et dans les appareils à aspiration (procédés Huntington-Heberlein, Savelsberg, Carmichael Bradford et appareils Dwig et Lloyd) ;

b) Dans les water-jackets : ce sont les mêmes progrès que pour les appareils analogues de la métallurgie du cuivre (water-jackets du Laurium) ;

c) Dans le raffinage : l'emploi du procédé électrolytique : électrolyse d'hydrofluosilicate de plomb sous 160 ampères par mètre carré et 0,35 volts à 35° C ;

d) Dans la condensation des poussières : l'emploi des baghouses (Amérique) ou de ventilateurs à injection d'eau, semblables à ceux utilisés en sidérurgie (Laurium).

4° MÉTALLURGIE DE L'ARGENT. — Dans la métallurgie de l'argent, on doit distinguer :

a) Les traitements du plomb d'œuvre, pour lesquels les principaux progrès consistent, en dehors de l'électrolyse, dans l'emploi de grandes cuves (60 t) pour le traitement de la désargention par le zinc et dans la récupération (oxydation lente au réverbère) du zinc dans le plomb désargenté ;

b) Les traitements des minerais : des perfectionnements importants ont été apportés dans la méthode de dissolution par l'hyposulfite, très vulgarisé en Amérique, et la cyanuration utilisée au Mexique.

5° MÉTALLURGIE DU ZINC. — Progrès dans le grillage de la blende. — En Europe, on n'utilise que des fours à moules ; un type récent et perfectionné est le four Delplace très utilisé en Belgique : il est caractérisé par une récupération (circulation de l'air dans le massif), par un chauffage de l'air de grillage et par l'emploi de moules où se cokéfie la houille, avant d'être brûlée sur la grille. Ce four ne consomme que de 90 kg à 120 kg de combustible pour 15 t grillées par vingt-quatre heures.

En Amérique, on grille la blende dans des fours mécaniques : les fours Brown, Merton et Edwards ; d'autre part, les fours mécaniques à moules prennent actuellement une grande extension, notamment dans le Kansas.

Progrès dans les appareils de réduction. — La classification des fours à zinc peut être faite soit d'après le nombre et la disposition des creusets (fours silésiens, belges et rhénans), soit d'après le mode de chauffage (avec ou sans récupération, à grille ou à gazogène).

Les fours à récupération à inversion sont particulièrement importants et ne donnent pas les mécomptes que l'on croit.

Les avantages de ces fours sont les suivants :

Quantité de combustible moindre ; température plus régulière, si ce n'est plus élevée ; probablement usure moindre des creusets et moins de perte en zinc (dans le résidu) ;

Le dernier type de fours à récupération est celui de Dor, utilisé à Budel.

Le four à cornue verticale de Birkenkang constitue assurément la principale nouveauté. Ses avantages sont : diminution de main-d'œuvre et de temps de chargement ; diminution de l'usure du creuset ; rendement en zinc bien plus élevé.

Les essais, même les plus récents, de réduction au four à cuve ont échoué ; ceci ne fait que confirmer les expériences faites, en 1877, par Lencauchez.

La méthode du convertisseur, actuellement proposée et pas encore réalisée, semble pleine d'écueils.

Reste l'électrométallurgie, qui paraît devoir donner des résultats, malgré l'échec de certains procédés. L'usine de Trohøtan produit du zinc dans le four Laval et les essais de Cote et Pierron (réaction du fer sur la blende, avec élimination préalable du plomb) sont fort intéressants.

Progrès dans l'utilisation des résidus. — Les résidus ont profité des progrès faits dans le lavage des minerais. A signaler l'emploi de la poudre de zinc pour la shérardisation (cémentation par le zinc à 300°).

Progrès dans l'affinage du zinc brut. — Les méthodes suivies sont :

a) la liquéfaction (anciennement cuves ; actuellement réverbères) ; b) la distillation ; c) l'électrolyse ; d) le procédé Hopkins, tout récemment créé, qui consiste dans l'interposition d'un filtre, en matières

réfractaires ou carbonacées, entre le creuset et le condenseur. Inconvénient : usure plus rapide des creusets.

6° **MÉTALLURGIE DE L'ÉTAI.** — Elle est essentiellement basée sur la réduction de la cassitérite par le carbone, opération qui se fait généralement en réverbère.

De grands progrès ont été réalisés dans la préparation du minerai et surtout dans son grillage (four mécanique, four Brown).

Le chauffage des réverbères se fait, de plus en plus, par gazogène avec récupération.

La grosse question à l'ordre du jour est le désétamage des résidus de fer-blanc; il y a trois procédés : au chlore, à la soude et aux sulfures alcalins.

7° **MÉTALLURGIE DE L'ANTIMOINE.** — Le minerai d'antimoine, la stibine, est traité par deux des méthodes de voie sèche applicables aux sulfures : grillage et réaction, d'une part; précipitation, d'autre part. Dans la première méthode, il y a trois phases : grillage oxydant et volatilisation; condensation de l'oxyde d'antimoine; réduction de l'oxyde.

Progrès dans le grillage. — Le four Chatillon, qui fonctionne à Blesles, est un four à cuve non soufflé; il permet d'épuiser complètement le minerai (question importante au point de vue rendement, et pour le traitement ultérieur des scories généralement aurifères, du moins en France) par l'usage de deux cubilots superposés, de fondre les menus sur des soles placées à la partie supérieure et de réchauffer l'air qui intervient dans le cubilot supérieur. De plus, le décrassage se fait mécaniquement.

Progrès dans la condensation. — Les appareils de condensation sont les suivants : grandes chambres à chicane; tubes avec ou sans ailettes; échangeurs à tubes multiples; ventilateurs avec injection d'eau froide et bouillante, filtres et bag-house.

Il y a lieu de noter les filtres en étoffe, avec l'ancienne disposition de la Société franco-italienne, et les filtres en amiante qui représentent le dernier perfectionnement.

Progrès dans la réduction. — Cette opération se fait toujours en réverbère. Le seul progrès à noter est le chauffage de ces fours par les flammes perdues des fours à cuve.

Progrès dans la méthode de précipitation. — La marche actuelle diffère totalement de l'ancienne : on ne fait presque plus le traitement au creuset. On utilise le réverbère dans lequel on fait tout d'abord un bain de sulfure de fer sur lequel on jette la stibine et le fer. Les métaux précieux se partagent entre le sulfure de fer et le premier antimoine formé; on peut donc faire une marche en bottom.

8° **MÉTALLURGIE DU NICKEL.** — **Traitement de la garniérite.** — La méthode actuelle comprend cinq phases :

a) Fusion pour mattes en water-jacket avec matière sulfureuse. On ne peut utiliser les grands water-jackets modernes. De plus, il faut une faible hauteur et du vent froid (sans quoi, production de fer en trop grande abondance). Pas d'avant-creuset, qui donne une mauvaise séparation de la matte et de la scorie;

b) Convertissage pour déferrier. On utilise des petits convertisseurs de 250 kg;

c) Grillage de la matte en deux phases. Utilisation de four à pelle-tage continu;

d) Mise en pain de l'oxyde ainsi obtenu (addition de fécule); réduction en four à mouffles, chauffé au gaz avec récupération.

e) Affinage, s'il y a lieu, par addition de magnésium (0,5 %).

L'électrometallurgie semble donner des résultats; on obtient généralement un ferro-nickel à 40 %; on est allé parfois jusqu'à 70 %. Mais il est très difficile de se mettre à l'abri du silicium.

Traitements des minerais de Sudbury. — Ces minerais sont des pyrites cuivreuses et nickelifères. Ils sont traités pour mattes (pas d'addition de matières sulfureuses); celles-ci sont déferriées et traitées soit pour cupro-nickel ou pour nickel de cuivre. Alors la séparation se fait soit par électrolyse, soit par l'acide sulfurique qui dissout d'abord le cuivre. La tendance actuelle paraît être à l'électrolyse des mattes.

Traitement des minerais du district de cobalt. — Ce sont des arsénures de nickel et de cobalt très argentifères. Leur traitement est très difficile : les méthodes de chloruration, d'emplombage et de formation de speiss ont donné de mauvais résultats. On fait à l'heure actuelle de l'encuvrage qui facilite la formation du speiss et celui-ci est électrolysé : on obtient de suite du cuivre pur; l'arsenic tombe en partie sous forme de boue; le nickel et le cobalt restent dans le bain, d'où on les extrait ensuite.

Procédé Mond. — Il est utilisé dans une usine de Swansea qui reçoit les mattes déferriées du Canada.

Les opérations sont les suivantes :

a) Traitement pour cuivre par l'acide sulfurique; b) réduction du résidu par l'hydrogène (gaz à l'eau) à 300° (appareils nommés réducteurs); c) volatilisation du nickel sous forme de nickel carbonile à 100° ou plus.

Cette opération n'enlevant pas de suite tout le nickel, la matière va, pendant huit à quinze jours, du réducteur au volatilisateur et vice versa.

d) Décomposition du nickel carbonile à 180°, dans le dissociateur.

Ceci se fait en présence de nodules de nickel, sur lesquels le métal se dépose en couches concentriques.

(Communications de M. L. Guillet à la Soc. des Ingénieurs civils, 2 décembre 1910 et 19 mai 1911.)

Le traitement des minerais de zinc au four électrique. — Imbert a reconnu que l'on peut avantageusement traiter les sulfures de zinc par le fer dans le four électrique.

On opère à une température légèrement supérieure à 1 000° C dans un four qu'on peut fermer hermétiquement, à parois doubles, avec une couche d'air entre les deux et chauffé par des éléments de résistance formés de plaques de charbon.

Pour un four de 150 kw, donnant une température de 1 400° C, l'appareil comporte deux groupes de 71 plaques.

Ces plaques ne sont pas attaquées grâce à ce que l'atmosphère du four est remplie de vapeurs de zinc.

Le four a un très bon rendement et il convient bien pour le traitement de l'aluminium, du cuivre, du laiton, etc.

(Communication de M. F. A. J. Fitz Gerald au Congrès de Technologie, Boston, avril 1911.)

Four électrique à chauffer les barres. — Le four se compose d'une chambre, à travers la paroi postérieure de laquelle pénètrent deux charbons légèrement convergents, et dont la sole est recouverte de coke ou de charbon concassé; le courant jaillit des électrodes sur la couche conductrice, dont il parcourt les parties supérieures. Les barres sont placées au-dessus.

Un four de 40 kw peut chauffer à 1 800° C, 60 kg de barres à l'heure, la chambre ayant environ 90 cm de longueur entre les électrodes.

La sole doit être renouvelée approximativement de quinze en quinze jours; la dépense est de 25 centimes environ. Le revêtement est de préférence, formé de silice; les parois ont 25 cm d'épaisseur.

Le rendement thermique est de 33 % à 35 %; avec les fours ordinaires, le rendement est souvent inférieur à 5 %.

(Communication de M. T. F. Baily, à l'American Electrochemical Society, 7 avril 1911.)

Le four électrique d'affinage Hiorth. — Un four à induction perfectionné dû à MM. Hiorth et Soderberg est en fonctionnement à Jossingfoord (Norvège), où il utilise une force hydraulique de 1 000 chevaux. Il se compose de deux canaux circulaires, réunis en forme de 8, ménagés dans un bloc de magnésie et enveloppant les branches verticales d'un circuit magnétique.

Sur les mêmes branches sont disposées deux paires de bobines, l'une au-dessus, l'autre au-dessous du canal; les bobines supérieures, en cuivre nu, sont mobiles pour permettre l'enlèvement des couvercles, et suspendues à des poulies; les bobines inférieures consistent en tube de cuivre parcouru par une circulation d'eau; elles sont logées dans le revêtement.

Un intervalle de 30 cm est ménagé entre le noyau et la maçonnerie du four, de façon que celle-ci puisse basculer sans qu'il y ait à déplacer le dit noyau; ce dernier pèse 7 tonnes.

La partie commune des deux canaux a 60 cm environ de largeur et 1 m,80 de longueur. La capacité totale est de 5 tonnes et l'on obtient 3 tonnes par coulée avec 6 coulées par jour.

On traite les matières communément employées dans le travail au creuset.

Le four absorbe 700 kw par tonne de matière froide fondue. Le service est assuré par deux brigades comprenant : un chef-fondeur, un aide et un garçon; elles sont secondées par deux opérateurs supplémentaires.

Les aciers produits sont écoulés à Sheffield et ils viennent en compétition avec les meilleurs produits du creuset.

On peut établir sur le même principe des fours de toute capacité. (Communication de M. J. W. Richards à l'American Electrochemical Society, avril 1911.)

Fonde de cuivre de haute conductibilité. — Les gaz occlus dans les fontes de cuivre sont que celles-ci n'ont qu'une conductibilité relativement faible; on peut les dissoudre au moyen de désoxydants, mais ceux-ci se combinent avec le cuivre et nuisent eux-mêmes à la conductibilité; d'ailleurs la suppression complète de l'oxygène dissout ne se fait pas facilement en pratique.

Le bore, qui possède une grande affinité pour l'oxygène, l'azote, etc., à la température de fusion du cuivre et qui n'a pas d'affinité pour le cuivre, constitue par contre un excellent désoxydant.

Il peut s'obtenir à un prix relativement bas, mais l'auteur a imaginé d'employer plutôt un sous-oxyde de bore obtenu par la réduction de l'anhydride borique au moyen de magnésium; ce produit donne d'aussi bons résultats que le bore pur et il est même plus efficace, étant obtenu à l'état pulvérulent.

En ajoutant 1/30 % de son poids de cette poudre, on obtient des fontes d'une conductibilité de 94 %.

On peut même employer le sous-oxyde mélangé de borate de magnésium et d'anhydride borique en excès, que l'on obtient dans la préparation du sous-oxyde en opérant avec un excès d'anhydride borique.

En employant de 1 % à 1 1/2 % de cette matière (de 0,08 % à 0,1 % de sous-oxyde de bore), on obtient couramment des fontes de 91 à 95 % de conductibilité et l'on peut garantir une conductibilité de 90 %.

La dépense de désoxydant est de 0 fr 05 environ par kg de cuivre. (Communication de M. E. Weintraub à l'American Electrochemical Society, avril 1911.)

Sur les gaz contenus dans les aciers. — La technique qui consiste à extraire les gaz des métaux par chauffage dans le vide, nécessite de grandes précautions expérimentales. Elle laisse encore place à quelque incertitude en ce qui concerne l'origine des gaz extraits; il est bon de comparer les chiffres obtenus à ceux fournis par d'autres méthodes.

Sous cette réserve, voici les résultats d'expériences faites récemment avec des métaux de deux nuances de dureté, produits par des procédés métallurgiques différents. Les volumes de gaz sont exprimés en centimètres cubes fournis par 1 gr de métal pris sous forme de copeaux de 0^{mm},1 d'épaisseur, chauffé à 950°.

	CARBONE %	VOLUME DE GAZ RECUEILLI	
		après 5 heures	après 3 jours 1/2
Acier dur Martin	0,90	0,65	0,98
Acier dur électrique . . .	1,05	0,55	0,75
Acier dur au creuset . . .	1,20	0,53	0,69
Acier doux électrique . . .	0,10	0,24	0,31
Acier doux Martin	0,10	0,29	0,41
Acier extra-doux Martin . .	0,07	0,40	0,70
Acier extra-doux Thomas .	0,04	0,79	1,06

La proportion d'oxyde de carbone contenue dans ces gaz est restée constamment entre 26 et 32 %. Les points indiqués dans le vide d'un acier dur et d'un acier doux ayant été déterminés, on n'a constaté aucune variation dans la température et dans l'intensité des dégagements thermiques observés avant ou après l'extraction des gaz.

(Note de MM. G. Charpy et S. Bonnerot, transmise par M. H. Le Chatelier à l'Ac. des Sciences, 8 mai 1911.)

MINES

Concours de perforatrices au Transvaal. — Les principales conclusions à tirer des observations et des résultats du concours sont :

1° Les marteaux, dans leur état de perfectionnement actuel, ne conviennent pas pour le travail des chantiers en général, dans la région du Witwatersrand. En effet, pour les trous profonds, les perforatrices ont prouvé leur supériorité;

2° L'acier creux pour fleurets n'est pas à recommander actuellement, le produit employé pour sa fabrication n'étant pas convenable. C'est un article très cher qui cristallise plus vite que l'acier ordinaire moins cher, en donnant plus de difficultés pour la trempe. Celle-ci fut faite, il faut cependant le reconnaître, par des forgerons ayant l'habitude de tremper de l'acier ordinaire;

3° Aucun type nouveau de support ne s'est montré pratique. Toutes les machines ayant terminé le concours employèrent le type bien connu d'arrêt Colonne (*Jack bar*) avec vis de serrage, bras et ouvettes.

4° Un mineur capable peut surveiller efficacement plus de deux petites machines, nombre fixé par le règlement du concours;

5° Les machines ayant terminé le concours ne pouvaient être conduites par moins d'un mineur et cinq aides nègres, par groupe de deux machines;

6° Il est essentiel que les mineurs soient pourvus abondamment de fleurets et de pièces de rechange : l'insuffisance de fleurets causa, à plusieurs reprises, la perte de la moitié du poste;

7° Etant donné que cinq aides sont nécessaires pour deux machines pesant moins de 45 kg 259 (100 lbs), il serait préférable de renforcer les machines en augmentant légèrement leur poids, mais beaucoup leur résistance.

Deux aides peuvent manœuvrer une machine pesant 57 kg 70 (125 lbs) pratiquement aussi vite qu'une machine de 45 kg 26 (100 lbs);

8° Avec des conditions convenables, il est possible d'approfondir aussi économiquement et de prendre des chantiers aussi étroits avec de petites machines qu'avec le travail à la main;

9° Les machines possédant un distributeur d'air à faible course sont moins efficaces que celles à longue course, à cause principalement de ce fait que ces dernières sont moins exposées à être coincées par les poussières;

10° Les machines à longue course de piston sont supérieures aux machines à faible course; elles travaillent mieux en terrain cassuré et sont plus aptes à forer des trous profonds.

(Comité central des Houillères de France, 1^{er} mai 1911.)

Accidents dus à l'électricité dans les mines anglaises. — Les statistiques des accidents dus à l'électricité, qui se sont produits dans les mines anglaises pendant les années 1905-1910, montrent que les dangers de l'électricité pourraient être conjurés par des mesures pratiques.

Des explosions de grisou ont été provoquées par des appareils non cuirassés, employés à tort dans des endroits dangereux.

Deux incendies furent allumés, par l'intermédiaire de l'isolement des câbles et de charpentes de bois que l'on aurait pu éviter.

Les accidents par électrocution ont été plus nombreux; il y a eu :

22 accidents, 24 morts, par suite de prise de terre insuffisante;

20 accidents, 20 morts dus au mauvais isolement de câble;

9 accidents, 9 morts par suite de contact avec des parties sous tension;

2 accidents, 2 morts dus à des causes variées.

Il y aurait utilité à mettre soigneusement à la terre les parties métalliques extérieures et à munir d'un isolement parfaitement efficace celles qui peuvent se trouver sous tension; la protection des appareils sous tension par une enveloppe métallique à la terre constitue une excellente mesure.

(Communication de M. R. Nelson, Association of mining Electrical Engineers, avril 1911.)

Protection des installations électriques dans les mines au moyen du détecteur Winhey. — Les dispositifs de protection généralement employés dans les installations de mine ont plus pour objet de protéger les installations électriques que d'empêcher les accidents.

Le détecteur Winhey, par contre, a pour but de mettre l'installation hors circuit dès que se produit une dérivation pouvant devenir dangereuse. Il est très sensible mais d'une parfaite stabilité de fonctionnement et, dans des installations où il est employé depuis plusieurs mois, il n'a pas occasionné de perturbation tout en constituant une complète protection.

L'expérience suivante démontre l'efficacité de l'appareil : un rat fut relié aux fils d'un système triphasé; le détecteur fonctionna assez rapidement pour que le rat ne fût pas tué; le courant de dérivation avait donc été très faible.

(Communication de M. E. E. Baker, Manchester Geological and Mining Society, mars 1911.)

TRAVAUX PUBLICS

Méthodes de transport appliquées au tunnel de l'Illinois, à Chicago. — L'Illinois Tunnel Company possède à Chicago un système de voies souterraines de 62 milles de développement au moyen duquel elle dessert le quartier principal de Chicago; elle fait le transport des marchandises et du charbon. Le service est effectué au moyen de convois de dix voitures de 4 m de longueur et 1^m,20 de largeur remorqués par des automotrices équipées de deux moteurs de vingt-cinq chevaux; l'alimentation se fait en continu à 250 volts par fil aérien. (Communication de M. W. E. Worth, Chicago Electric Club, 22 mars 1911.)

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION

DU TRAVAIL INDUSTRIEL

Distributions d'énergie électrique.

Un arrêté du ministre des travaux publics, des postes et des télégraphes, en date du 21 mars 1911, complète la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie électrique.

D'après ce nouvel arrêté, les distributions d'énergie électrique doivent comporter des dispositifs de sécurité en rapport avec la plus grande tension de régime existant entre les conducteurs et la terre. Suivant cette tension, les distributions d'énergie électrique sont divisées en deux catégories :

1^{re} Catégorie. — A. *Courant continu* : Distributions dans lesquelles la plus grande tension de régime entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 600 volts ;

B. *Courant alternatif* : Distributions dans lesquelles la plus grande tension efficace entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 150 volts ;

2^e Catégorie. — Distributions comportant des tensions respectivement supérieures aux tensions ci-dessus.

Canalisations aériennes. — Les supports en bois doivent être prémunis contre les actions de l'humidité et du sol.

Dans le cas où les supports sont munis d'un fil de terre, ce fil est pourvu, sur une hauteur minimum de 3 m. à partir du sol, d'un dispositif le plaçant hors d'atteinte.

Dans les distributions de 2^e catégorie, les pylônes et poteaux métalliques sont pourvus d'une bonne communication avec le sol.

Les isolateurs employés pour les distributions de la 2^e catégorie doivent être essayés dans les conditions ci-après :

Lorsque la tension à laquelle est soumis l'isolateur en service normal est inférieure ou égale à 10 000 volts, la tension d'essai est le triple de la tension en service.

Lorsque la tension du service normal est supérieure à 10 000 volts, la tension d'essai est égale à 30 000 volts, plus deux fois l'excès de la tension de service sur 10 000 volts.

Les conducteurs doivent être placés hors de la portée du public.

Le point le plus bas des conducteurs et fils de toute nature doit être :

a) Pour les distributions de la 1^{re} catégorie, à 6 m. au moins, le long et à la traversée des voies publiques ;

b) Pour les distributions de la 2^e catégorie, à 6 m. au moins, le long des voies publiques et à 8 m. au moins, dans les traversées de ces voies.

Néanmoins, des canalisations aériennes pourront être établies à moins de 6 m de hauteur à la traversée des ouvrages construits au-dessus des voies publiques, à la condition de comporter, dans toute la partie, à moins de 6 m de hauteur, un dispositif de protection spécial en vue de sauvegarder la sécurité.

Le diamètre de l'âme métallique des conducteurs d'énergie ne peut être inférieur à 3 mm. Toutefois, ce diamètre peut être abaissé à 2 mm pour les branchements particuliers ou de canalisations d'éclairage public de la 1^{re} catégorie qui ne croisent pas des lignes télégraphiques ou téléphoniques placées au-dessous.

Dans la traversée d'une voie publique, l'angle de la direction des conducteurs et de l'axe de la voie est égal au moins à 30°.

Dans la traversée et dans les portées contiguës, il ne doit y avoir sur les conducteurs ni

épissures, ni soudures ; les conducteurs sont arrêtés sur les isolateurs des supports de la traversée et sur les isolateurs des supports des portées contiguës.

Dans les distributions de 2^e catégorie, les dispositions suivantes doivent être appliquées :

a) Les poteaux des pylônes sont munis, à une hauteur d'au moins 2 m au-dessus du sol, d'un dispositif spécial, pour empêcher, autant que possible, le public d'atteindre les conducteurs ;

b) Les mesures nécessaires sont prises pour que, dans les traversées et sur les appuis d'angle, les conducteurs d'énergie électrique, au cas où ils viendraient à abandonner l'isolateur, soient encore retenus et ne risquent pas de traîner sur le sol ou de créer des contacts dangereux.

Dans la traversée des agglomérations, les conducteurs sont placés à 1 m au moins des façades et, en tous cas, hors de la portée des habitants.

Si les conducteurs longent un toit en pente ou s'ils passent au-dessus, ils doivent en être distants de 1^m,50 au moins, s'ils sont de la 1^{re} catégorie, et de 2 m au moins, s'ils sont de la 2^e catégorie.

Si le toit est en terrasse, les conducteurs doivent en être distants de 3 m au moins, qu'ils appartiennent à la 1^{re} ou à la 2^e catégorie.

Pour les conducteurs, fils, supports, ferrures, etc., la *résistance mécanique des ouvrages* est calculée en tenant compte à la fois des charges permanentes que les organes ont à supporter et de la plus défavorable en l'espèce des deux combinaisons de charges accidentelles résultant des circonstances ci-après :

a) Température moyenne de la région avec vent horizontal de 120 kg de pression par mètre carré de surface plane ou 72 kg par mètre carré de section longitudinale des pièces à section circulaire ;

b) Température minimum de la région avec vent horizontal de 30 kg par mètre carré de surface plane ou de 18 kg par mètre carré de section longitudinale des pièces à section circulaire.

Les calculs justificatifs font ressortir le coefficient de sécurité de tous les éléments, c'est-à-dire le rapport entre l'effort correspondant à la charge de rupture et l'effort le plus grand auquel chaque élément peut être soumis.

Dans les distributions de la 2^e catégorie le coefficient de sécurité des ouvrages, dans les parties de la distribution établies longitudinalement sur le sol des voies publiques, doit être au moins égal à trois.

Dans les parties des mêmes distributions établies dans les agglomérations ou traversant les voies publiques, la valeur du coefficient de sécurité est portée au moins à cinq.

Canalisations souterraines. — Les conducteurs d'énergie électrique souterrains doivent être protégés mécaniquement contre les avaries que pourraient leur occasionner le tassement des terres, le contact des corps durs ou le choc des outils en cas de fouilles.

Dans tous les cas où les conducteurs d'énergie électrique sont placés dans une enveloppe ou conduite métallique, ils sont isolés avec le même soin que s'ils étaient placés directement dans le sol.

L'arrêté indique aussi des prescriptions générales pour les sous-stations, postes de transformateurs, installations diverses, branchements particuliers, des dispositions spéciales applicables aux ouvrages de distribution dans la traversée des cours d'eau, des canaux et des voies ferrées, ainsi qu'aux ouvrages servant à la traction électrique, à la protection

des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux à l'entretien des ouvrages et à l'exploitation des distributions.

Une circulaire du 21 mars 1911, adressée par le ministre des travaux publics aux préfets, commente le nouvel arrêté (*).

Concession de travaux publics.

On se demande souvent, à propos de l'obtention des concessions de distribution publique d'énergie électrique, si, pour qu'il y ait concession, il faut qu'il y ait distribution, non seulement aux particuliers, mais aux services publics ; les demandeurs en concession ont tendance à croire que, dans le cas contraire, ils ne peuvent songer à obtenir une concession. Il y a là une erreur qu'il est facile de dissiper.

En effet, dans toute concession de distribution publique d'eau, de gaz ou d'électricité, puisqu'il s'agit de travaux à exécuter sur les voies publiques en vue d'un intérêt public, il y a un travail public. Les concessions de distribution publique d'eau, de gaz ou d'électricité doivent donc être considérées comme des concessions de travaux publics.

Or, qu'est-ce qu'une concession de travaux publics ?

Nous empruntons la définition à M. le professeur Hauriou (*Précis de droit administratif*, 3^e édition, p. 782) : « Un contrat par lequel un entrepreneur s'engage envers une personne administrative à exécuter un travail public, moyennant la concession de la possession de l'ouvrage pendant un certain délai et la permission de lever une taxe sur le public à l'occasion de l'usage que celui-ci fera de l'ouvrage public ».

D'après cette définition, rien ne s'oppose à ce qu'une concession soit donnée lors même que les services publics ne sont pas intéressés.

S'il en était autrement, la concession d'un pont à péage, par exemple, ne pourrait être obtenue que si ce pont était destiné à laisser passer en outre des voitures de la collectivité, des voitures au service de l'administration devant donner la concession, ce qui n'est pas exact.

Donc, d'une façon générale, pour qu'il y ait distribution publique d'eau, de gaz ou d'électricité, il n'est pas nécessaire que l'administration ait passé un marché avec l'entrepreneur en vue de la fourniture aux services publics ; la distribution doit être considérée comme distribution publique, pouvant faire par conséquent l'objet d'une concession, dès lors qu'elle est destinée à desservir des intérêts collectifs en assez grand nombre pour qu'ils puissent être considérés comme constituant un intérêt public.

QUESTIONS ÉCONOMIQUES

Rendement des Entreprises Industrielles russes par actions de 1902 à 1907.

Pendant la période de 1902 à 1907, 80 % en moyenne des entreprises russes par actions ont fait des bénéfices. Les autres ont terminé leurs exercices soit avec pertes, soit en équilibrant simplement leurs dépenses avec leurs recettes. Toutes les banques et les entreprises commerciales ont fait des bénéfices, l'industrie sucrière également. 38 % des entreprises pour

(1) On trouvera le texte complet de l'arrêté et de la circulaire dans *L'Electricien* du 29 avril 1911.

le traitement des matières minérales ont donné des pertes; il en est de même pour 44 % de l'industrie houillère. Si on rapporte la différence entre les gains et les pertes au chiffre global du capital engagé, les bénéfices moyens auront été pendant cinq ans : 8,10 % en 1902, 8,4 % en 1903, 8,7 % en 1904, 7,5 % en 1905 et 9,3 % en 1906. Les plus grands rendements ont été obtenus par certaines banques (17,9 %) et par l'industrie sucrière (17,2 %). Viennent ensuite : les sociétés d'assurance (15,6 %), les banques foncières (15,2 %), l'exploitation des matières d'origine animale (13,5 %), l'industrie chimique (13 %), les banques commerciales (11,9 %) et l'industrie textile (10,4 %). Quant au rendement minimum, il est accusé par les charbonnages (1,7 %), le traitement des matières d'origine minérale (1,8 %) et les industries minières et métallurgiques (3,8 %). En 1905, l'industrie houillère a même donné une perte absolue de 0,7 %. Les rendements moyens sont occupés par les pétroles (6,7 %), qui ont d'ailleurs subi de fortes fluctuations (de 2,8 à 15,7 %). Puis viennent : les scieries (6,3 %), les sociétés de navigation, les voies secondaires et les tramways (6,2 %), l'industrie du papier (5,2 %). L'or et le platine accusent un rendement très inégal (de 2,7 à 11,1 %) et en général peu élevé (4 %).

A. L.

Les ressources mondiales en minerais de fer.

Le Comité exécutif du XI^e Congrès de géologie, tenu à Stockholm en 1910, a fait une vaste enquête sur les ressources des divers pays en minerais de fer (1). Avec les divers documents qu'il a pu recueillir auprès des Instituts géologiques et des géologues les plus qualifiés du monde entier, il a pu dresser le tableau suivant :

TABLEAU I.

	RENDE- MENT par km ²	MINÉRAI	FER
	T.	Millions de t.	Millions de t.
Réserves certaines			
Europe	448	12 032	4 733
Amérique	135	9 855	5 154
Australie	9	136	74
Asie	4	260	156
Afrique	3	125	75
TOTAL		22 408	10 192
Réserves en puissance			
Europe	1 243	41 029	12 085
Amérique	1 063	81 822	40 731
Australie	4	69	37
Asie	6	457	283
Afrique	?	Plusieurs mill. t.	Plusieurs mill. t.
TOTAL		> 123 377	> 53 136

Les réserves mondiales certaines seraient donc de plus de 10 milliards de tonnes. La production de la fonte étant d'environ 60 millions de tonnes par an, il n'y aurait plus guère de minerai disponible que pour deux siècles, en supposant que la production de la fonte n'augmente pas. Or, il y a tout lieu de croire le contraire, puisque cette production, qui n'était que de 4 800 000 t vers 1850, était montée à 26 200 000 t en 1891 et qu'elle a été de 60 millions de tonnes

en 1909. La production a donc plus que doublé aussi que, durant cette période, les gisements depuis vingt ans et, si cette progression se faile teneur et les réserves en puissance pour.

TABLEAU II.

PAYS	RÉSERVES RÉELLES en millions de tonnes		RÉSERVES EN PUISSANCE en millions de tonnes	
	Minerais	Fer	Minerais	Fer
EUROPE				
France	3 300	1 140	"	"
Luxembourg	270	90	"	"
Espagne	711	349	Importantes.	"
Portugal	"	"	75	39
Italie	6	3,3	2	1
Suisse	1,6	0,8	2	0,8
Autriche	250,9	90,4	323,2	97
Hongrie	33,1	13,1	78,9	34,1
Bosnie-Herzégovine	"	"	21,9	11,3 env.
Serbie	"	"	"	"
Bulgarie	"	"	1,4	0,7 env.
Grèce	100	45	"	"
Turquie	"	"	"	"
Russie d'Europe	864,6	387,2	1 056,3	424 rés. imp.
Finlande	"	"	45	16
Suède	1 158	740	178	105
Norvège	367	124	1 545	525
Grande-Bretagne	1 300	455	37 700	10 830
Hollande	"	"	"	"
Belgique	62	25	"	"
Allemagne	3 607,7	1 270	Importantes.	Importantes.
TOTAUX	12 031,9	4 732,8	41 028,7	12 081,6
			Importantes.	Importantes.
AMÉRIQUE				
Canada	Importantes.	Importantes.	Prob. énormes.	Prob. énormes.
Terre-Neuve	3 635	1 961	Enormes.	Enormes.
Etats-Unis	4 257,8	2 304,6	75 105,3	37 222,4
Mexique	55	30	Prob. import.	Prob. import.
Amérique centrale	"	"	Existent.	Existent.
Antilles	1 903	856,8	1 007	454
Colombie, Venezuela, Bolivie, Pérou et Chili	4,2	2	Importantes.	Importantes.
Brésil	"	"	5 710	3 055
TOTAUX	9 855	5 154,4	81 822,3	40 731,4
			Enormes.	Enormes.
AUSTRALASIE				
Australie occidentale	"	"	26	15
Australie du Sud	"	"	21,6	12,3
Queensland	"	"	13,7	7
Nouvelle-Galles du Sud	48,9	26,8	5,1	1,7
Victoria	"	"	Faibles.	Faibles.
Tasmanie	23	15	2	1
Nouvelle-Zélande	64	32	0,2 +	0,1 +
TOTAUX	135,9	73,8	68,6 +	37,1 +
			Importantes.	Importantes.
ASIE				
Russie d'Asie	"	"	27 +	14,8 +
Perse	"	"	Importantes.	Importantes.
Indes anglaises	100	65	30	18
Chine	100	60	400	250
Japon	55,6	28	Prob. énormes.	Prob. énormes.
Corée	4,0 +	> 2	4 +	1,2 +
Philippines	Faibles.	"	Faibles.	Faibles.
Possessions anglaises	0,8	0,5	Prob. faibles.	Prob. faibles.
Indes Néerlandaises	"	"	Faibles.	Faibles.
TOTAUX	260,4	155,8	461 +	284 +
			Enormes.	Enormes.

(1) Voir *Notes techniques* du Comité central des houillères de France (décembre 1910).

maintenant, les ressources certaines s'épuiseraient en soixante ans. Mais il est à présumer qu'elles seront être exploités par des procédés nouveaux. Les principaux gisements de minerais con-

tenant plus de 60 % de fer sont relativement assez peu nombreux. En voici l'énumération :

	RÉSERVES ⁽¹⁾	
	Minerais	For
	Millions de t.	Millions de t.
Krivoi-Rog (Russie) . . .	86	53,5
Caucase	13	7,8
Suède septentrionale . . .	1.035	673
{ (123)	(80)	
Suède centrale et mérid. . .	60 env.	36
Mexique	55 env.	30 env.
Antilles	3	1,8
Australie occidentale . . .	26	15 env.
Australie du sud	(21)	(12)
Queensland	(13)	(7)
Tasmanie	23	15
Pologne	(30)	(18)
Indes	(400)	(250)
Chine	(100)	(60)
Totaux	{ 1.300 env.	850
	{ (687)	(408) env.

Il faut ajouter à ce tableau les amas considérables de magnétites titanitères à 65 % de fer de l'île de Terre-Neuve.

Le tableau II (p. 386) indique les réserves en minerai de fer des divers pays :

Les ressources africaines sont les moins connues. Les réserves réelles de l'Algérie et de la Tunisie sont évaluées à 125 millions de tonnes de minerai et à 75 millions de tonnes de fer. Les réserves de l'Égypte sont faibles. Le fer existe aussi au Soudan anglo-égyptien, au Congo (Katanga), au Togo, au Cameroun, dans le Sud-Ouest africain allemand, dans l'Afrique orientale allemande, en Rhodésie, au Transvaal, dans la colonie du Cap. Mais l'importance des ressources en est inconnue, même approximativement.

P. B.

L'industrie frigorifique en République Argentine.

Le Bulletin de la Chambre de Commerce française de Buenos-Ayres a publié une étude sur l'industrie frigorifique en Argentine.

Cette industrie, qui doit son origine à des Français, est devenue le monopole de sociétés anonymes anglaises ou anglo-argentines.

Les premiers essais de l'industrie frigorifique en Argentine remontent à 1876-1877.

En 1890, l'Argentine exportait encore à peine 563 t de viande de bœuf congelée et 20 414 t de viande de mouton, tandis qu'en 1909, ces chiffres s'élevaient à 209 435 t de viande bovine congelée, 1 222 t de viande bovine réfrigérée et 55 195 t de viande de mouton congelée.

Le nombre des établissements frigorifiques s'élève actuellement à 8 pour la province de Buenos-Ayres, représentant un capital d'environ 31 136 973 piastres (la valeur nominale de la piastre est de 5 fr.).

La production totale et annuelle de ces établissements représentait une valeur de 96 535 873 piastres, ce qui indique une augmentation de 213 % sur le capital engagé.

La valeur des produits indigènes élaborés atteint 23 392 974 piastres et celle des produits étrangers 248 406 piastres.

Quant à la force motrice utilisée, elle est de 12 424 chevaux et le nombre des ouvriers employés s'élève à 5 817.

STATISTIQUES

Les usines électriques allemandes en 1910.

An 1^{er} avril 1910, il existait en Allemagne 2 259 usines électriques d'une puissance totale

de 1 199 847 kw dont 1 022 471 kw pour les machines et 177 376 kw pour les accumulateurs. Ces usines se répartissaient ainsi :

	PUISANCE TOTALE en kw
52 usines à courant alternatif . . .	19 227
241 — triphasé	210 771
1736 — continu	375 790
230 — mixte ou inconnu	594 059

Les 2 259 usines électriques allemandes se classent ainsi, d'après la nature de la force motrice employée :

Eau	767 usines.
Vapeur	214 —
Transformateurs	51 —
Moteurs à explosion	350 —
Eau et vapeur	390 —
Divers	487 —

Il existe en Allemagne :

	PUISANCE en kw
791 usines de	0 à 100
693 —	101 à 500
130 —	501 à 1 000
73 —	1 001 à 2 000
55 —	2 001 à 5 000
41 —	5 001 et au-dessus
476 —	non indiquée.

Le courant produit par ces diverses usines est utilisé par 15 000 000 de lampes à incandescence et 271 000 lampes à arc. Le rendement des moteurs fixes qui se servent de ces usines est de 1 000 000 de chevaux et celui des moteurs de chemins de fer de 330 000 chevaux. La capacité globale de tous les appareils qui utilisent le courant produit par les usines électriques allemandes est de 2 140 000 kw.

La production littéraire technique en 1910.

La section française de l'Institut International de Techno-Bibliographie vient de publier la statistique de la production littéraire technique en 1910. On a enregistré en tout 66 087 travaux, comprenant 6 450 livres ou brochures et 59 637 articles de 1200 périodiques de 16 pays différents.

L'Allemagne, avec sa production monstre, occupe la première place avec 39 569 travaux, plus du double des autres pays. L'Angleterre et l'Amérique ont produit 16 197 travaux, la France 9 308 travaux.

Les travaux traitant des « Machines » proprement dites sont au nombre de 10 557 : 1 025 livres et 9 532 articles ; en allemand 5 968, en anglais 3 170 et en français 1 267.

783 livres et 10 245 articles ont été publiés sur des questions électrotechniques ; en Angleterre et en Amérique 4 731, en Allemagne et en Autriche 4 587, en France 1 479.

Les Travaux publics ont fourni une production littéraire de 10 169 : 1 096 livres et 9 174 articles. L'Allemagne a produit 7 150, l'Angleterre 2 082 et la France 818.

Pour ce qui concerne les chiffres relatifs aux « Industries Minières » ils sont un peu inférieurs aux précédents, en tout 6 619, dont 680 livres et 5 938 articles de revues : 3 433 en allemand, 2 085 en anglais et 1 015 en français.

Pour les « Industries Chimiques », on a enregistré 15 520 travaux : 1 488 livres et 14 036 articles. La France occupe la deuxième place avec 2 788 travaux, avant l'Angleterre (2 018). L'Allemagne a produit 5 fois autant : 10 529 travaux.

« L'Aviation », les « Constructions navales » et « l'Art militaire », sont représentés par 4 597 travaux : 522 livres et 4 075 articles. La France tient le deuxième rang avec 1 069, après l'Allemagne avec 2 332 et avant l'Angleterre avec 965 travaux. Les articles et les livres traitant tout spécialement de l'Aviation sont au nombre de 1 564.

TECHNOLOGIE INDUSTRIELLE

Les Locomotives américaines modernes. (Suite) ⁽¹⁾.

Les locomotives de la ligne côtière de Santa-Fé franchissent cinq rangs de montagnes. De Seligman (Arizona) à Needles (Californie), sur un parcours de 240 km, il y a une différence de niveau de 1 500 m. Dans tout ce territoire, l'eau est rare. Sur la ligne de Santa-Fé, il y a 685 locomotives à pétrole de divers types. Ces machines ne sont pas différentes des machines à charbon, de façon qu'on puisse utiliser dans leur foyer l'un ou l'autre combustible ; il y a cependant une dépense à faire assez élevée pour opérer la transformation. Il existe cinq types de locomotives à marchandise, à 6, 8, 10 roues accouplées. Le type Mallet à deux séries de 8 roues accouplées a été récemment mis en service. Cette dernière locomotive a un poids total de 210 tonnes et une puissance de traction de 49 000 kg. C'est le brûleur Booth qui est employé, et presque tous les brûleurs donnent des résultats presque semblables. Le brûleur sert à alimenter la boîte à feu. Il est formé de deux conduites parallèles qui débient l'huile et la vapeur en lames minces ; le pétrole est aussitôt soufflé à très grande vitesse dans la boîte à feu, ce qui détermine le mélange intime avec l'air de combustion. Les huiles étant souvent des huiles lourdes sont chauffées avant leur arrivée au brûleur. La meilleure température est d'environ 34° C. Dans les derniers types, les brûleurs sont placés en avant de la boîte à feu, ce qui dispense d'avoir un foyer en brique susceptible de se détériorer, par suite des trépidations et des secousses de la locomotive. Le briquetage est réduit du tiers de ce qu'il était primitivement. Un ventilateur souffle l'air de combustion. Au début se produisaient des explosions successives que l'on a pu supprimer avec des tubes d'entrée d'air supplémentaires. Les gaz brûlés renferment à la sortie 3 % d'oxygène seulement avec 13 % d'acide carbonique. L'huile employée a une densité de 0,969, et produit 10 750 calories au kg. Dans les conditions actuelles du service, 6 kg 940 d'eau sont vaporisés par kg de charbon, avec un rendement de 76 % explicable en ce que la machine travaille à charges variables. L'huile est renfermée dans 17 réservoirs placés sur la ligne de la côte. La consommation est contrôlée de façon à se rendre compte exactement de ce que consomme chaque locomotive.

M. Th. Rich rend compte des progrès réalisés dans la locomotive électrique. Ces progrès datent de l'usage des courants à haute tension qui rendent possibles les transports de force économiques à grande distance. On a eu successivement les systèmes Hallard (1883), Sprague et Daft (1888), Field, qui montrent divers genres de transmission de mouvement de l'induit du moteur à la roue de la locomotive, avec ou sans engrenage, avec bielle et manivelle. Au point de vue électrique, il y a trois systèmes employés, le courant continu de 600 volts à 750 volts et même à 2 000 volts en Amérique et dans l'Europe continentale, le courant triphasé et le monophasé. Ce dernier venu a fait de rapides progrès ; on lui reproche surtout le poids et l'espace plus grands qu'il exige pour les moteurs.

Le moteur sans engrenages paraît d'abord le plus avantageux, mais il produit des trépidations sur les rails et on ne peut lui donner toute la vitesse désirable permettant d'économiser sur les poids, comme c'est le cas avec des engrenages.

(A suivre.)

Norbert LALLIÉ.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 4 (Avril 1911), p. 259, et n° 5 (Mai 1911), p. 323.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES DES OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS

L'aéroplane pour tous. par LELASSREUX et MARQUÉ, ingénieurs, suivi de **Les deux écoles d'aviation**, par M. Paul PAINLEVÉ, de l'Institut. — 1 vol. in-12, 2 fr. (Librairie Aéronautique, Paris, 1910.)

Ce petit livre est, comme son titre l'indique, un ouvrage de vulgarisation. A l'heure où la locomotion aérienne passionne tout le monde, cet ouvrage clair, bien présenté et copieusement illustré prendra honorablement place parmi les ouvrages qui tendent à vulgariser la science aéronautique. — M. M.

Le calcul mécanique. Appareils arithmétiques et algébriques Intégrateurs. par L. JACOB, ingénieur général de l'Artillerie navale, directeur du laboratoire central de la Marine. — 1 vol. in-18 Jésus, cartonné toile, de 428 pages, avec 185 figures, 5 fr. (O. Doin et fils, éditeurs. Paris, 1911.)

L'ouvrage comprend trois parties relatives à la résolution des questions d'arithmétique, d'algèbre ou d'analyse.

L'auteur a, autant que possible, rapproché dans des chapitres spéciaux soit les appareils ayant un but commun, soit les appareils ayant le même but et un principe commun. Dans les questions de ce genre, le mode d'application d'un principe est aussi important que le principe lui-même; aussi l'auteur s'est-il attaché à donner, avec quelques détails, la description des appareils les plus employés ou les plus intéressants. — O.

Dessin industriel (Cours de). par A. DUPUIS, ancien professeur à l'Ecole d'Arts et Métiers d'Angers, et J. LOMBARD, chef d'atelier à l'Ecole d'Arts et Métiers de Lille. — 3 vol. in-8°, dont 2 vol. de texte de viii-314 pages, avec 675 fig. et 20 pl. et atlas de 32 pl.; cartonnés, 15 fr.; chaque volume et l'atlas se vendent séparément, 5 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1910.)

Ce cours de dessin industriel comprend trois parties : dans les deux premières, on trouvera les principes et conventions qui régissent le dessin industriel, la technique du dessin industriel proprement dit; dans la troisième, on a réuni une série de planches classées d'une façon progressive d'après les difficultés d'exécution.

Le tome I comprend les chapitres suivants : Notes sur la vision; De l'image en général, ses rapports avec la nature; De la reproduction des dessins; Outillage du dessinateur industriel; Notions de mathématiques.

Le tome II traite successivement : De la représentation; Du croquis industriel; Du dessin proprement dit; Application du dessin dans les ateliers de construction mécanique; Synthèse d'un projet ou figuration d'un appareil inventé; Notes pédagogiques.

Un album de planches constitue le tome III. — H. D.

Electricien (Formulaire de l') et du Mécanicien de E. HOSPITALIER, 25^e édition par G. ROUX. — 1 vol. in-16 de vii-1261 pages, cartonné toile, 10 fr. (Masson et C^{ie}, éditeurs, Paris, 1911.)

La 25^e édition du *Formulaire de l'Electricien et du Mécanicien* comporte d'intéressantes additions à celle de l'année 1910, qui font que cet ouvrage est toujours tenu au courant des plus récentes applications de la science à l'industrie. Son éloge n'est plus à faire, car tous les techniciens et praticiens de l'industrie électrique apprécient sa documentation. — E. R.

Houille blanche (La Technique de la). par E. PACORAT, ingénieur. Préface de A. BLONDÉL, professeur à l'Ecole des ponts et chaussées, 2^e édition complètement remaniée et considérablement augmentée. — 2 vol. de xx-1186 pages et viii-1166 pages, avec 1336 figures et 19 planches, 55 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1911.)

Le tome I, consacré à la « Captation des chutes », est divisé en deux parties. La première partie, qui comporte 14 chapitres, est un véritable cours d'hydrologie et d'hydraulique spécialisé. Il embrasse l'étude des rivières, des canaux, des conduites forcées, des barrages, des turbines, des canaux d'amenée, chambres de mise en charge, bassins, vannes, bâtiments et accessoires.

Les trois chapitres de la seconde partie du tome I sont réservés à la description d'usines hydroélectriques.

Le tome II vise « l'Utilisation des chutes d'eau ». Il est divisé en deux grandes parties. La première, qui a trait à la production, à la transformation et à la transmission de l'énergie électrique, comprend dix chapitres.

Dans la seconde partie du tome II, l'auteur s'occupe spécialement des applications de l'énergie électrique plus particulièrement tributaires des chutes d'eau. Elle comporte quatre chapitres.

Cette seconde édition, plus encore que la première, constitue, par sa documentation remarquable, une mine précieuse de renseignements pour tous les ingénieurs s'intéressant aux usines hydroélectriques et aux transports d'énergie. — H. M.

Ingénieur (Manuel de l'). par HUTTE, traduit par L. DESMAREST. — 2 vol. reliés en cuir plein, de 1300 et 900 pages, avec environ 1200 figures dans le texte, 30 fr. (Béranger, éditeur. Paris, 1911.)

Cet excellent manuel renferme toutes les connaissances nécessaires aux différentes catégories d'ingénieurs. Le grand succès qu'a obtenu à l'étranger la collection des manuels Hutte permet de prédire à l'édition française un accueil enthousiaste parmi les techniciens de toutes les industries. — P. B.

Les inventions industrielles et d'utilité générale à réaliser *Recueil de 864 questions à résoudre pour répondre aux besoins actuels de l'industrie, suivi d'un précis des lois réglant les droits de la propriété industrielle*, par Hugo MICHEL, ingénieur émérite du Patent-Amt de Berlin; 3^e édition française, complétée, traduite de l'allemand par Louis DEVINAGE, ingénieur civil. — 1 brochure in-8° de 88 pages, 3 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1910.)

Cette brochure, dont la 3^e édition vient de paraître, intéressera ceux qui ont la passion de la recherche et le génie de l'invention. Ils y trouveront de nombreux problèmes dont les solutions rendraient de réels services dans la pratique. — X.

Lignes électriques souterraines. Etudes, pose, essais et recherches de défauts. par J. GIRANDET, ingénieur, et W. DUBI, ingénieur polytechnicien de Zurich. — 1 vol. in-8° (23-14) de 28 pages, avec 48 figures, 5 francs. (Gauthier-Villars, éditeurs. Paris, 1910.)

Dans cet ouvrage consacré aux lignes souterraines, si importantes pour les canalisations

urbaines, les auteurs envisagent successivement les points suivants : Inconvénients des réseaux aériens urbains. Câbles armés. Les boîtes (boîtes de jonction, de dérivation, d'extrémité, de distribution et de coupure véritables). Essais des câbles avant et après la pose. (Essais d'isolement, de capacité.) Etude d'un réseau. Préparation des travaux. Exécution des tranchées et pose du câble. Etablissement des boîtes souterraines. Comptabilité. Recherche des défauts des câbles. Méthode dite « de la boucle » ou « du pont ». Méthode de la résistance absolue. Méthode de la capacité. Méthode de la chute de tension. L. M.

La Métallographie appliquée aux produits sidérurgiques. par U. SAVOIA, assistant de métallurgie à l'Institut royal supérieur de Milan. Ouvrage traduit de l'italien. — In-16 (19-12) de vi-218 pages avec 91 figures, 3 fr. 25. (Gauthier-Villars, éditeur. Paris, 1911.)

Cet ouvrage traite des matières suivantes : Préparation des échantillons. Microscopie. Examen métallographique. Le fer et ses alliages. Eléments constitutifs des alliages fer-carbone. Diagramme d'équilibre des alliages fer-carbone. Microstructure des fers. Microstructure des aciers. Aciers au carbone. Aciers ternaires. Aciers quaternaires. Fontes. Fonte malléable. Etude d'un acier trempé dans une partie seulement de sa masse. — G. G.

Transport et la Manutention mécaniques (Etude théorique et pratique sur les) des Matériaux et Marchandises dans les Usines, les Magasins, les Chantiers, les Mines, etc., par Georg von HANFFSTENGEL, traduit de l'allemand par Maurice CHAVANE, ingénieur civil des Mines. — T. II : *Transport par charges isolées*. — 1 vol. in-8° de 292 pages avec 445 figures, 15 fr. (Béranger, éditeur. Paris, 1911.)

Dans cette seconde partie de son ouvrage, l'auteur s'est placé dans les grandes lignes au même point de vue que dans la première, en s'attachant à donner un exposé scientifique des résultats acquis et de permettre des travaux ultérieurs sur ces bases solides.

Relativement aux chemins de fer, l'auteur a envisagé les wagons pour marchandises en vrac, les culbuteurs de wagons, les voies à deux rails sans traction continue, les voies à deux rails à traction continue et les chemins de fer monorails. Quant aux appareils de levage proprement dits, l'auteur traite des monte-charges et des grues et ponts roulants. On y trouve des détails intéressants les bennes de transports, les dispositions de câbles, treuils et chariots roulants, les charpentes de grues et l'utilisation de ces dernières. — P.

Guide pratique de l'usager d'acétylène. — 1 vol. de 160 pages, avec 200 gravures, 1 fr. 50. (Bibliothèque de l'Office central de l'Acétylène, Paris, 1910.)

Ce guide pratique renferme les renseignements dont ont besoin ceux qui possèdent des installations d'acétylène.

Un index alphabétique permet de trouver rapidement les questions sur lesquelles on désire être renseigné. — A. B.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARTEAUX, imp., 1, rue Cassette.

La Technique Moderne

CHEMINS DE FER

DU FREINAGE DES TRAINS DE MARCHANDISES

NOUVELLES RÈGLES DE FREINAGE. — PERFECTIONNEMENT AU FREIN A MAIN FREINAGE CONTINU PAR LA MÉTHODE DE LA COMPAGNIE D'ORLÉANS

Si l'on applique avec une force π un sabot de frein sur le bandage d'une roue de wagon, on détermine un frottement dont l'intensité πf est égale au produit de l'effort π par le coefficient de frottement f du sabot sur le bandage. D'après les expériences de Douglas Galton, la valeur du coefficient f dépend de la vitesse du véhicule au moment de l'application du frein; assez faible lorsque cette vitesse est élevée, f augmente rapidement quand la vitesse diminue, atteignant 0,150 dès qu'elle tombe à 60 km à l'heure et 0,25 ou 0,30 aux environs de l'arrêt. On peut admettre que, pendant la durée d'un freinage, la valeur moyenne de f ne descend pas au-dessous de 0,150, de telle sorte que l'action retardatrice résultant de l'application des sabots peut être considérée comme égale à 0,150 π , π étant l'effort exercé par le serre-frein sur le volant de la timonerie multiplié par le coefficient de timonerie.

Plusieurs raisons s'opposent d'ailleurs à ce que la pression π augmente indéfiniment. D'une part, l'effort du serre-frein est limité par les forces physiques de l'homme et la multiplication de cet effort par leviers, engrenages ou autres mécanismes est limitée par les jeux et les résistances passives qu'offrent les divers organes. D'autre part, le maximum de l'effet à attendre de l'application du sabot sur la roue étant évidemment le calage de cette dernière, il n'y a aucun intérêt à augmenter la pression sur les sabots au delà du taux nécessaire pour produire ce calage (*). Or, il s'obtient, dès que la résistance au roulement, qui est très sensiblement mesurée par πf , devient égale à la résistance du véhicule au glissement mesurée par le produit du poids P de ce véhicule par le coefficient d'adhérence φ .

Ce dernier coefficient φ dépend comme f de la vitesse du véhicule; mais il est en outre fonction de l'état de la surface du rail. Suivant que celle-ci est plus ou moins grasse, plus ou moins mouillée, la valeur de φ (au départ) varie de 0,140 à 0,104 et peut même descendre au-dessous de ce dernier chiffre lorsque le rail est couvert de verglas ou de feuilles mortes. En admettant pour φ la valeur 0,104, la condition $\pi f \leq P\varphi$ donne :

$$0,150 \pi \leq 0,104 P,$$

$$\pi \leq \frac{0,104 P}{0,150},$$

$$\pi \leq 0,70 P, \text{ soit environ } \frac{2}{3} P.$$

(*) Il y a même intérêt à ne pas laisser le calage se prolonger quelque peu car, au bout d'un temps très court, le coefficient de frottement de glissement, supérieur à 0,104, au départ, tombe bien au-dessous de cette valeur.

Dans ces conditions, le produit πf devient $0,70 P \times 0,150 = 0,105 P$, soit pratiquement $\frac{P}{10}$.

Les timoneries devront donc être réglées de telle sorte que l'effort de l'homme appliqué au volant produise sur les bandages une pression sensiblement égale aux $\frac{2}{3}$ du poids du véhicule, et comme ce poids varie avec la charge transportée, on doit pouvoir faire varier la pression sur les roues proportionnellement à cette charge. Il faut, à cet effet, ou bien faire varier le coefficient de timonerie en agissant sur le mécanisme, ou bien régler les timoneries de manière que l'emploi de toute la force de l'homme ne soit nécessaire que pour freiner le véhicule chargé au maximum, une partie seulement de l'effort humain suffisant alors pour freiner le véhicule vide.

Cette condition étant réalisée, pour obtenir l'arrêt, au bout d'un parcours l , d'un train de poids P , marchant à la vitesse V , sur une déclivité i , il faut freiner une charge p donnée par la formule :

$$(1) \quad \frac{p}{P} = \frac{\left(\frac{1,24}{l} - 0,0006\right)V^2 + i - 3}{1\,000 \varphi - 1}.$$

Et pour maintenir une rame de véhicules d'un poids P au repos sur une déclivité i , c'est-à-dire pour empêcher le départ en dérive de se produire, il faut freiner une fraction de la rame de poids p donné par la formule :

$$(2) \quad \frac{p}{P} = \frac{i - 3}{1\,000 \varphi}.$$

Jusqu'en 1902, on ne s'était pas préoccupé, dans la détermination du freinage, de la charge que portaient les wagons dont on se bornait à freiner la tare; mais lorsque entrèrent en service des wagons de 20 tonnes et plus, il fallut, sous peine d'augmenter outre mesure le nombre des gardes-freins, tenir compte des charges effectives afin d'obtenir du véhicule freiné l'effort retardateur maximum.

Aussi, dès 1902, une circulaire ministérielle enjoignait-elle aux Compagnies de chemins de fer de reviser les règles de freinage jusqu'alors admises et qui étaient basées sur la simple considération du rapport à observer entre le nombre des véhicules freinés et le nombre total des véhicules composant le train. Il était prescrit notamment de substituer à cette considération celle du rapport à observer entre le poids des véhicules freinés et le poids total, et de déterminer le poids freiné d'après les formules (1) et (2) précédentes, étant admis que le coefficient φ serait pris égal à 0,104 lorsqu'il s'agirait de régler l'arrêt des trains en marche et égal à 0,140 lorsqu'il s'agirait simplement d'éviter les dérives.

La réforme fut immédiatement mise à l'étude; mais, lorsqu'on vint à examiner les propositions faites par la Compagnie du Midi, conformément aux prescriptions de la circulaire de 1902, on s'aperçut que leur mise en application ne procurerait pas encore toute la sécurité désirable.

Un certain nombre d'accidents, survenus sur de longues et fortes pentes, avaient bien révélé l'insuffisance du freinage établi d'après les règles antérieures à 1902, mais les règles nouvelles, appliquées aux mêmes espèces, auraient encore donné des résultats pour le moins inquiétants.

Le Comité de l'Exploitation technique des chemins de fer dut reprendre la question. Il en confia l'étude à une commission présidée par M. l'inspecteur général des mines Worms de Romilly et dont le rapporteur fut M. l'ingénieur en chef des mines Maison (*). Celui-ci se livra à une analyse minutieuse du problème qu'il reprit pour ainsi dire *ab ovo*.

Le coefficient de freinage ou rapport du poids freiné au poids total étant supposé établi, pour obtenir l'arrêt d'un train marchant à une vitesse donnée sur une déclivité donnée, M. Maison chercha, notamment, à se rendre compte de la longueur qu'atteindrait le parcours d'arrêt si le dit coefficient de freinage descendait, dans la pratique, au-dessous de la valeur ainsi fixée. Or ce coefficient dépend des valeurs admises tant pour l'effort retardateur π' que pour le coefficient d'adhérence φ , et l'on a vu plus haut quelle influence pouvait avoir, à cet égard, soit un mauvais réglage des timoneries, soit un effort insuffisant exercé par les gardes-freins sur les volants.

M. Maison arriva à cette conclusion qu'un train marchant à 40 km à l'heure s'emballerait certainement si le coefficient de freinage tombait à :

13 % de sa valeur sur les pentes de	5 mm par mètre.
47	— de 10
62	— de 15
70	— de 20
75 à 81	— de 25 à 33 mm par mètre.

Sur les pentes supérieures à 15 mm par mètre, une réduction accidentelle, même peu importante, du coefficient de freinage, pourrait donc avoir des conséquences désastreuses si on admettait sur ces pentes des vitesses de marche quelque peu élevées.

M. Maison en déduisit la nécessité de substituer à la valeur constante 0,104, admise pour φ en 1902, des valeurs variables suivant les déclivités et descendant jusqu'à 0,08 pour la pente de 33 mm par mètre.

D'autre part, l'analyse des conditions dans lesquelles se produisent les dérives amena M. Maison à demander que l'on ne se contentât plus de prévoir un freinage de dérive permettant de maintenir au repos une rame se détachant d'un train, ce qui suppose des wagonniers assez vigilants pour appliquer les freins dès que le mouvement de recul commence à se produire. Il a paru prudent, en effet, d'admettre que les gardes-freins ne s'apercevront d'une rupture d'attelage qu'au bout d'un certain temps, et, comme il leur faut environ 18 secondes pour réaliser matériellement le serrage, il est extrêmement probable qu'au moment où celui-ci devient effectif, la rame détachée aura déjà acquis une vitesse à laquelle le coefficient d'adhérence pourra descendre bien au-dessous de la valeur 0,140, admise en 1902 et qui correspond à un frottement au départ.

M. Maison a donc proposé de substituer, dans la formule (2), à la valeur $\varphi = 0,140$ les valeurs : $\varphi_i = 0,140 - 0,008 (i - 5)$ pour les déclivités comprises entre 5 mm et 10 mm par mètre ou $\varphi_i = 0,100 - 0,001 (i - 10)$ pour les déclivités supérieures à 10 mm.

En définitive, sur l'avis du Comité technique, une circulaire

(*) Aujourd'hui ingénieur en chef du service du matériel et de la traction des chemins de fer de l'Etat.

ministérielle, du 14 janvier 1910, prescrivit aux Compagnies de substituer aux formules (1) et (2), admises en 1902, pour le calcul du freinage, les formules suivantes :

$$(3) \quad \lambda = \frac{p}{P} = \frac{\left(\frac{4,24}{T} - 0,0006\right) V^2 + i - 3}{1\,000 \varphi_i}$$

et :

$$(4) \quad \lambda' = \frac{p - a}{P - a} = \frac{i - 3}{1\,000 \varphi_i},$$

où φ_i et φ_i auront, dans chaque cas, les valeurs indiquées précédemment et où a représente le poids de la locomotive, du tender et du groupe des wagons freinés de tête.

Toutefois, il fut admis que les valeurs 0,100 pour φ_i et 0,140 pour φ_i pourraient être conservées dans le cas, notamment, où, eu égard aux conditions du profil (dents de scie) ou à la rapidité d'action des freins, ces valeurs paraîtraient acceptables pour la sécurité.

De plus, il devait être entendu que, sur les fortes pentes, le poids de la machine ne compterait dans le poids freiné que si les roues de la machine étaient pourvues de sabots et que des précautions spéciales seraient prises, sur les fortes pentes, pour parer au cas d'abandon du frein de queue par le conducteur chargé de couvrir un train arrêté ou en marche accidentellement ralenti.

L'application de cette circulaire allait singulièrement aggraver les dépenses des Compagnies de chemins de fer, en les obligeant à augmenter, dans bien des cas, le nombre des gardes-freins, surtout sur les lignes à forte déclivité où le freinage en vue de la dérive est prépondérant.

D'autre part, une circulaire de 1907 avait déjà prescrit de rechercher les moyens de mieux assurer l'obéissance des gardes-freins aux ordres qui leur sont donnés par les mécaniciens, ce qui devait conduire soit à renforcer considérablement la puissance du sifflet des locomotives des trains de marchandises, soit à envisager l'application du frein continu à cette catégorie de trains.

On s'explique donc que les Compagnies se soient mises à la recherche des moyens les plus propres à concilier les exigences de la sécurité avec celles d'une sage économie.

Depuis longtemps, la compagnie du Nord avait adopté un frein à travail emmagasiné, le frein Bricogne, qu'il suffit aux wagonniers de déclancher pour que, sous l'action d'un contre-poids, le serrage soit obtenu pour ainsi dire instantanément avec une intensité suffisante pour freiner la tare du véhicule, c'est-à-dire son poids à vide.

La Compagnie de l'Est chercha un dispositif qui permit d'atteindre le même résultat, tout en laissant au garde-frein le moyen d'augmenter le premier serrage obtenu automatiquement jusqu'à freinage complet de la charge entière du véhicule,

Elle vint d'aboutir à la création d'un « frein à cric et barillet, à réglage automatique » dû à M. l'ingénieur Mestre et qui répond complètement au programme tracé.

L'appareil est manœuvrable du sol, de la guérite ou même d'une guérite voisine, mais le frein ne peut être desserré que de la guérite. Nous en donnerons séparément une description détaillée.

De son côté, la Compagnie d'Orléans s'était préoccupée du problème, mais pour l'aborder plus hardiment, en envisageant la possibilité de réaliser le freinage continu et automatique des longs trains de marchandises.

Nouvelle méthode de freinage de la Compagnie d'Orléans.

On sait que le freinage continu est adopté depuis bien des années aux Etats-Unis, où il a pu être appliqué à des trains de 80 à 100 véhicules, pesant jusqu'à 3 000 tonnes. M. Sabouret, ingénieur en chef adjoint du matériel et de la traction de la

Compagnie d'Orléans, attribue le succès obtenu à la grande résistance et surtout à la raideur dans le sens longitudinal, de l'attelage central, grâce auquel le train américain se comporte comme un bloc de longueur invariable, où les réactions s'absorbent sans chocs, en raison des déplacements relatifs très faibles des wagons en contact. Il en est tout autrement dans nos trains à attelages lâches et très élastiques, où le ralentissement brusque d'un ou de plusieurs véhicules peut être suivi de chocs violents souvent accompagnés de ruptures d'attelages.

M. Sabouret chercha donc à assurer au train européen la propriété caractéristique du train américain, et cela sans recourir à l'attelage central ni au serrage systématique des attelages en service. A cet effet, il envisagea un freinage en trois temps qu'il arriva même à réduire à deux temps.

Première méthode. — Dans une première phase, d'une durée moyenne de quinze secondes, on freine *lentement* la locomotive et le tender seul à l'aide du frein modérable P. L. M. non automatique commandé par un robinet spécial pourvu d'un régulateur de débit. L'opération a pour résultat de condenser sur le tender tous les autres véhicules, dont les tampons sont amenés au contact avec compression des ressorts de choc. On agit alors sur le robinet du frein automatique Westinghouse, que le mécanicien amène à la position de décharge. Il freine ainsi la tête du train seulement, grâce à l'interposition, sur la conduite générale, entre le quinzième et le seizième véhicule (1), d'une double valve retardatrice spéciale.

Cet organe a pour effet d'empêcher l'air comprimé contenu dans la partie de la conduite générale, qui règne derrière lui, de s'échapper dans l'atmosphère tant que la pression dans la partie de la conduite comprise entre la machine et le véhicule muni de la valve retardatrice ne descend pas au-dessous de 1 kg. Ce résultat n'est atteint qu'après dix secondes environ, au bout desquelles la rame de queue se freine à son tour.

Pour hâter l'opération, on interpose, vers le quarantième véhicule, une double valve accélératrice disposée en sens contraire de la première et permettant la vidange de la conduite après le quarantième véhicule, dès que la pression dans la partie de la conduite qui précède ce véhicule est descendue de 4 kg à 3 kg.

L'application de cette méthode à des trains d'essais portés au maximum de composition, sur des sections de profil variable, a donné jusqu'ici les meilleurs résultats.

Elle a été facilitée par l'enclenchement des robinets P. L. M. et Westinghouse avec interposition d'appareils retardateurs automatiques, grâce auxquels le mécanicien n'a qu'un mouvement à faire pour que le freinage du train s'effectue automatiquement dans les conditions indiquées ci-dessus.

Deuxième méthode. — On peut encore freiner d'une autre manière, en agissant d'abord avec le robinet Westinghouse. Après avoir rompu l'enclenchement de ce robinet avec le robinet P. L. M., le mécanicien l'amène à la position de décharge brusque : le freinage automatique des 15 premiers véhicules et du tender s'opère immédiatement, tandis que les roues de la locomotive et celles des wagons qui suivent le quinzième véhicule restent libres. Ces wagons se condensent sur la tête freinée, mais encore soumise à un effort de traction, et au bout de dix secondes ils se freinent à leur tour par le jeu de la valve retardatrice ; en même temps le robinet P. L. M. est mis à la position qui correspond au serrage des sabots de la machine.

Dans ces conditions, la condensation des véhicules qui suivent le quinzième véhicule s'opère encore sans chocs ni heurts inquiétants ; mais le laps de temps au bout duquel tous les sabots sont atteints ne dépasse pas dix secondes, alors qu'il peut atteindre vingt-cinq secondes avec la première méthode. Aussi, la deuxième est-elle aujourd'hui exclusivement employée pour obtenir l'arrêt

des trains, l'autre devant s'appliquer de préférence pour modérer la vitesse à la descente des pentes.

Au cours des expériences faites jusqu'ici, plus de 400 arrêts ont été réalisés sur trois groupes de lignes offrant respectivement des déclivités de 0^m,006, 0^m,016 et 0^m,025 par mètre. Les résultats ont été excellents : dans tous les cas, l'arrêt s'est produit sans réactions violentes et sur une distance inférieure à celle qui eût été nécessaire avec des freins à mains bien servis et en nombre égal à celui prescrit par le règlement pour des trains de même poids.

Le train d'expérience était porté au maximum de composition, soit 80 véhicules pesant jusqu'à 1 100 t et les vitesses aux arrêts ont atteint 60 km à l'heure.

Au cours de ces expériences, on s'est également assuré qu'une rupture accidentelle de la conduite générale demeurerait inoffensive pour le matériel et cela où qu'elle se produise.

Ce résultat s'explique assez aisément.

Si, en effet, le point de rupture est situé entre le tender et le quinzième véhicule, on rentre dans le cas de l'application de la deuxième méthode décrite ci-dessus.

Entre le quinzième et le quarantième véhicules, une rupture déterminerait la vidange de la conduite avec accélération vers les deux extrémités, puisque la valve retardatrice devient accélératrice lorsqu'elle fonctionne dans le sens contraire de celui prévu pour sa marche. Il n'y aura dès lors aucune tendance à un auto-télescopage de véhicules.

Une rupture après le quarantième véhicule déterminera d'abord le freinage de la queue du train seule, puisque la valve accélératrice fonctionnera en retardatrice : le freinage de la tête ne commencera qu'une fois les attelages complètement tendus, c'est-à-dire encore dans des conditions où les déplacements relatifs des véhicules seront évités.

En définitive, il résulte des essais de la Compagnie d'Orléans qu'il est d'ores et déjà possible d'appliquer le frein continu aux plus lourds de nos trains de marchandises, à condition de doter le tiers au plus des véhicules de l'un quelconque des freins automatiques actuellement en service (Westinghouse, Wenger, Lipkowski ou autres) et de munir le surplus des wagons d'une simple conduite blanche. Les locomotives et tenders devront en outre être pourvus d'un frein modérable non automatique.

La dépense correspondante serait d'environ 7 millions et demi pour le réseau d'Orléans ; elle ne dépasserait pas 60 millions pour la France entière et pourrait être répartie sur un nombre quelconque d'exercices.

A côté d'avantages aussi précieux, la solution de la Compagnie d'Orléans présente toutefois l'inconvénient de différer de dix secondes environ la mise en œuvre de la majeure partie des moyens d'arrêt dont on dispose pour le freinage des longs trains.

Pendant ces dix secondes, un train marchant à 60 km à l'heure parcourt 150 m, distance qui vient s'ajouter à celle nécessaire pour obtenir l'arrêt d'un train ordinaire freiné au Westinghouse.

Quoi qu'il en soit, un train de 80 véhicules pesant 1 100 t et marchant à 60 km à l'heure a pu être arrêté dans les mêmes conditions, c'est-à-dire sur la même distance, qu'un rapide de 300 t marchant à 120 km à l'heure. Comme l'on n'est pas près de songer à imprimer des vitesses supérieures à 60 km à des trains de 80 wagons pesant 1 100 t, on peut dire que la Compagnie d'Orléans apporte au problème du freinage des longs trains une solution complète, au moins dans les limites de la pratique de l'exploitation de nos chemins de fer.

Si l'on voulait aller plus loin, il faudrait recourir à l'emploi de freins spéciaux, tels que le frein à vide ou le frein Lipkowski que nous nous proposons d'étudier ultérieurement.

J. NETTER,

Ancien élève de l'Ecole Polytechnique
Capitaine du génie en retraite.

(1) Quatre au plus de ces quinze véhicules sont pourvus de freins, les autres reçoivent la conduite blanche.

CHEMINS DE FER

L'EXPLOITATION MODERNE D'UN GRAND RÉSEAU DE CHEMINS DE FER
AUX ÉTATS-UNIS ⁽¹⁾

(Suite.)

SYSTÈME DES CÉDULES ET DES PRIMES. — Dès l'origine, on a reconnu au Santa Fé ⁽²⁾ que le moyen le plus énergique d'agir sur le travailleur consistait à récompenser sa valeur par un salaire proportionné à son efficacité personnelle. La Compagnie s'est trouvée conduite ainsi à tenter de répartir, du haut en bas de la hiérarchie, les plus-values sous forme de boni. Pour y parvenir, l'Administration s'est d'abord efforcée d'organiser ses services dans les meilleures conditions possibles de rendement : centralisation de l'usinage aux points les plus propices ; étalonnage des pièces et organes, des outils et des opérations ; création d'outils spéciaux ; sélection des tours de main et des artifices réduisant les frais de main-d'œuvre ⁽³⁾.

Ensuite, elle a assigné à ses machines un personnel régulier, pour exciter le zèle de celui-ci et lui faire mieux éprouver le sentiment de sa responsabilité. Enfin, elle tient compte dans la répartition des primes de tous les éléments d'économie : ainsi, les mécaniciens n'ont pas avantage à exagérer le travail de leurs locomotives dans le but, évidemment louable, d'en augmenter la production, car non seulement une machine fatiguée coûte plus cher de réparations, mais encore rend moins.

Les réparations indispensables se divisent en réfections de route (ou de rotonde), réparations légères et grosses réparations ; elles sont ordinairement signalées par le mécanicien de la locomotive ou par le contremaître de route ; dans ce dernier cas, elles sont exécutées sans enquête, tandis que les demandes du mécanicien sont soumises, après inspection, au visa du chef de dépôt.

La cédule des grosses réparations spécifie la tâche pour chaque journée, entre l'entrée de la machine à l'atelier et sa remise en service ; cette cédule fait elle-même partie d'une organisation qui comporte :

1° Un numérotage permanent de tous objets ; 2° l'agencement des cédules numérotées ; 3° la description succincte, mais claire et complète, du travail ; 4° les esquisses ou dessins de toutes les parties à réparer ; 5° la reproduction et la vérification rapide des cédules ; 6° une inspection centrale, spéciale aux cédules.

Les cédules contiennent le détail de toutes les opérations susceptibles d'intervenir dans une réparation, non seulement par l'énoncé sommaire de la besogne, mais encore au moyen d'abréviations conventionnelles formées de chiffres et de lettres.

Le travail dans les rotondes se réduit à maintenir la machine en état de service ; chaque espèce de mise en réparation ou à l'usinage se distingue sur la cédule par un nombre qui se place en préfixe de celui de la cédule. Le travail en rotonde ne s'exprime que par des chiffres. Au contraire, quand il s'agit d'un travail d'atelier, des lettres sont intercalées entre les chiffres pour désigner la division compétente de l'atelier ; ainsi :

62-3518 indique un travail de rotonde et 1A1-72 un travail d'atelier.

Les divisions d'atelier sont affectées des chiffres ci-après : 1, montage ; 2, machines ; 3, chaudronnerie ; 4, forge ; 5, ferblanterie ; 6, tuyauterie ; 7, peinture ; 8, charpente, etc. ; tandis que la classification du travail de détail est la suivante :

A = Cylindres.	M = Montures de chaudière.
B = Châssis et renforts.	N = Boiseries de cabine.
C = Valves, tiroirs de mouvem.	P = Ensemble de la chaudière.
D = Glissières et pistons.	Q = Enveloppe de la chaudière.
E = Bielles et leviers.	R = Boîte à feu.
F = Roues de manœuvre, boîtes.	S = Cheminées.
G = Mécanisme porteur.	T = Boîte à fumée.
H = Mécanisme de frein à air.	U = Ensemble du tender.
J = Grément de frein.	V = Caisse du tender.
K = Tuyaux (vapeur et sur-chauffe).	X = Freins du tender.
L = Roues porteuses.	Y = Roues du tender.
	Z = Divers.

La signification de la cédule d'atelier déjà mentionnée 1A1-72 porte donc sur une réparation de montage (1), aux cylindres (A) ; le chiffre suivant (1) indique que ces cylindres sont en fonte ; (7) se rapporte à un travail d'alésage ou de rabotage, et (2) à la mise en place.

Pour les travaux courants en rotonde, chaque groupe de locomotives analogues est désigné par une lettre indice et les cédules normales mentionnent la durée étalon du travail ; elles sont de la forme du tableau ci-dessous :

OBJET	CÉDULE n° ...	OPÉRATION	GROUPES de machines	TEMPS normal
Nettoyage.	62-0085	Nettoyage de la machine au-dessous du parquet, comprenant pilote, roues de manœuvre, cylindres, cofres à vapeur, guides, pièces d'axes, tringles, roues de direction, cylindres de frein et grément, compresseur et tuyautage, excentriques, chapes, coulisses, cames et mouvements, leviers, valves et l'ensemble non spécifié au-dessous du plancher.	ABCDEG. HIJKL. MNPRSV.	1,5 1,5 2,7

Dès que la cédule a été approuvée par le chef de l'atelier saisi, les ordres qu'elle contient sont exécutés. Elle permet d'abord, lorsque la réparation est urgente, de prélever, sur le stock, le matériel nécessaire au travail commandé, mais elle permet surtout de soumettre la rétribution de toutes les tâches au système du boni.

Les salaires sont payés à la journée. Les employés sont stimulés par une prime additionnelle proportionnelle à leur efficacité. Le plus souvent, cette prime est calculée par mois de travail. L'efficacité est le rapport existant entre le temps mis par l'ouvrier à accomplir sa besogne et un temps étalon, relatif à la même besogne, inscrit sur la cédule d'après un tableau-type. Le temps étalon équivalant à 100 % d'efficacité. Le boni est attribué suivant une échelle croissante à partir de 66 % d'efficacité,

(1) Voir *La Technique moderne*, t. III, n° 3 (mars 1911), p. 145, et n° 4 (avril 1911), p. 211.

(2) D'après une conférence de sir Charles Buxton Goiry.

(3) Dans le service d'entretien du matériel de traction, la Compagnie a réalisé, pendant l'exercice 1907-1908, du fait de l'émulation de son personnel, plus de 20 millions de francs d'économies.

100 % d'efficacité donnent droit à un boni de 20 % sur le salaire; au delà de 100 % d'efficacité, chaque 1 % additionnel est rétribué par un boni supplémentaire de 1 % du salaire⁽¹⁾. Les temps sont généralement basés sur le rendement d'un

une feuille (tableau de la fig. 14), qui porte l'indication précise de l'opération, son symbole et le temps-étalon correspondant au travail. Ce document est envoyé chaque soir aux bureaux. Là, il sert à dresser les feuilles mensuelles (tableau de la fig. 15)

Service n° _____										FORMULE 1254. — SANTA-FÉ.										SUPPLÉMENT à de			
Ouvrier n° _____										Nom _____												Salaire _____	
Machine n° _____																							
DATE	HEURES		TEMPS	DESCRIPTION DE LA PIÈCE OPÉRATION	CÉDULE n°	CHARGE	DURÉE étalon réelle		GAGES		BONI		APRÈS-MIDI à de										
	de	à																					
Prix et temps contrôlé par _____				Boni contrôlé par _____				_____				contremaitre.		MATIN à de									

FIG. 14. — Feuille journalière individuelle (20 X 9).

homme. Si un certain nombre d'ouvriers travaillent ensemble, les primes sont partagées proportionnellement à ce nombre et au nombre d'heures employées. Ainsi, la moyenne ne change pas et les contremaitres ont intérêt à coopérer à l'économie du temps puisqu'ils sont chefs d'équipe. Les cédules, ne spécifiant que le but à atteindre, n'imposent pas de méthodes d'exécution rigides, et toute individualité marquée peut se révéler. Dans les ateliers, des chronomètres ou pointeaux ont pour

et à établir les statistiques. Les travaux inachevés à la clôture du relevé sont reportés, en ce qui concerne les écritures, sur les états du mois suivant. La prime est un stimulant non seulement pour l'ouvrier, mais encore pour le contremaitre, dont le rôle est de distinguer et de prévoir toute l'économie d'une opération et de diriger le travail de façon à éviter les retards ou les causes de retards. Le taux des primes allouées aux chefs d'atelier ou de la voie varie en fonction : 1° de la totalité des temps soumis au boni pour le

Feuille du temps primé.				FORMULE 2202. — SANTA-FÉ.				Année 19__.			
Nom _____				Service n° _____				Salaire _____			
Efficacité % _____				Boni en francs _____							
WAGON n° ou charge	DATE	HEURES avec boni		HEURES-ÉTALONS		DÉDUCTION pour insuffisance		WAGON n° ou charge	DATE		
Total								Total			

FIG. 15. — Feuille mensuelle individuelle (18 X 16).

mission d'enregistrer la besogne à laquelle est affecté chaque ouvrier. L'emploi individuel du temps est relevé, jour par jour, sur

travail effectué dans l'atelier; 2° de l'efficacité moyenne atteinte dans l'exécution du travail entier.
(A suivre.) G. F.

(1) La Compagnie a manifesté un grand souci d'équité dans la fixation si délicate des temps-étalons. Elle a tenu compte de la nature

des équipements locaux, de l'habileté de l'ouvrier, de sa vigueur, et même des commodités propres à certains ateliers.

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

TOURNAGE AUTOMATIQUE DES CYLINDRES DE LAMINOIRS
ET DE TOUTE PIÈCE CYLINDRIQUE EN GÉNÉRAL

I. — Cylindres de laminaires.

Quand on veut tourner des cylindres de laminaires de grandes dimensions avec une exactitude de quelques centièmes de millimètre sur les diamètres, on se heurte à de sérieuses difficultés provenant de la grande dureté de la fonte trempée.

Aucun outil de tour à tranchant fixe (1) ne peut en effet exécuter une passe de chariotage un peu longue sur un métal aussi dur sans que la partie coupante ne s'use d'une façon sensible. Il en résulte que la surface tournée n'est pas cylindrique; elle présente une succession de zones légèrement coniques, en nombre égal à celui des affûtages de l'outil.

Pour terminer le cylindre, on est alors obligé de procéder à une rectification (à la meule généralement); cette opération est longue, délicate et coûteuse.

La solution qui va être exposée ici élimine ces difficultés et permet, en outre, le *tournage automatique* des cylindres de laminaires.

Cette solution présente donc, en même temps qu'un intérêt théorique, un intérêt pratique, puisqu'elle permet de tourner, sans dépense appréciable de main-d'œuvre, non seulement des cylindres en fonte trempée, mais en général toute pièce cylindrique de grande longueur.

Le principe de la méthode découle des considérations suivantes: pour éviter l'usure d'un outil à charioter et pour obtenir par suite un tournage parfaitement cylindrique, il faut:

1° Que la partie tranchante *ab* (voir fig. 2) de l'outil engagé dans la matière se renouvelle sans interruption;

2° Que chaque point de ce tranchant mobile travaille un temps suffisamment court pour que son usure soit pratiquement insignifiante.

Ce double résultat est obtenu en donnant à l'outil la forme d'un disque circulaire placé horizontalement, et en imprimant à ce disque un mouvement de rotation très lent autour de son axe.

L'outil circulaire est donc animé d'un double mouvement: *mouvement de translation*, parallèle au cylindre à travailler et correspondant à l'avance de l'outil; *mouvement de rotation* autour de son axe, évitant l'usure du tranchant.

Pour exposer avec clarté la solution pratique que comporte cette méthode, nous étudierons successivement:

- 1° L'outil circulaire;
- 2° Le porte-outil;
- 3° Les modifications à apporter au tour, pour assurer la commande du mouvement circulaire de l'outil.

OUTIL CIRCULAIRE.

FORME DE L'OUTIL. — L'outil circulaire est formé d'un disque en acier à outil de 300 mm de diamètre et de 20 mm d'épaisseur

(1) Outil dans lequel la partie coupante engagée dans la matière reste toujours la même, comme les outils à charioter, à tronçonner, etc.

(fig. 1); l'angle de coupe est de 75°, l'angle de dépouille de 10° et l'angle de dégagement de 5° (1).

L'évidement central, qui est très légèrement conique, sert à fixer sans jeu l'outil sur le porte-outil, tout en assurant le centrage parfait du disque. Les quatre trous taraudés ont pour but:

1° De fixer le disque sur le plateau de la machine à rectifier pour la rectification du trou central;

2° De permettre la séparation facile de l'outil et du porte-outil lorsqu'on veut rafraîchir le tranchant.

Il suffit, en effet, d'introduire des vis dans deux des trous diamétralement opposés et de visser simultanément ces deux vis; celles-ci prenant appui sur la face supérieure du porte-outil (fig. 3) font l'office de vérins et décollent l'outil, quelle que soit la force avec laquelle le cône de l'outil a été bloqué sur celui du porte-outil.

NATURE DE L'ACIER. — L'acier à outil qui a donné les meilleurs résultats est l'acier au tungstène T. S. M^e de la Société Châtillon-Commentry.

TREMPE ET REVENU. — L'acier est trempé à l'eau, sans revenu.

RECTIFICATION DE L'OUTIL. — L'outil est monté sur le plateau de la machine à rectifier en utilisant les quatre trous taraudés percés dans le corps de l'outil.

On commence par rectifier les deux faces planes du disque; on procède ensuite à la rectification du cône central, d'après un tampon conique servant de vérificateur. On termine par la rectification du cône extérieur correspondant à l'angle de dépouille et par le meulage de la partie *mn* (fig. 1) correspondant à l'angle de coupe et à l'angle de dégagement.

Toutes ces opérations étant exécutées sans démonter le disque, on est sûr de la concentricité du tranchant de l'outil et du cône central.

Pendant la rectification à la meule, il se produit souvent, avec l'acier marque T. S. M^e, de petites fentes et même de petites taches intéressant le tranchant de l'outil. Grâce au mouvement de rotation du disque, ces fentes ne laissent aucune trace sur le cylindre: il en est de même des petites ébréchures qui seraient faites accidentellement sur le tranchant.

(1) L'angle de coupe et, par suite, l'angle de dégagement varient suivant la matière à travailler. Voir l'ouvrage *Machines-outils, outillage, vérificateurs*, par le capitaine Gorgeu. Paris, 1909.

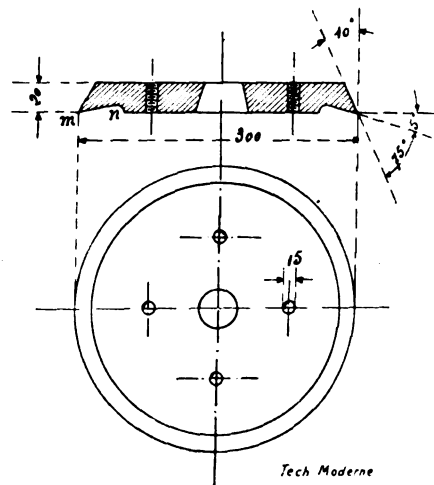


FIG. 1. — Schéma de l'outil circulaire.

VÉRIFICATION DU CENTRAGE DU TRANCHANT PAR RAPPORT AU CÔNE INTÉRIEUR. — Avant de démonter l'outil du plateau de la machine à rectifier, s'assurer, avec un trusquin à aiguille amplificatrice, que le cône intérieur et le tranchant de l'outil sont concentriques et n'accusent, en aucun point, un faux rond supérieur à 1 ou 2 centièmes de millimètre.

VITESSE DE ROTATION, AVANCE, SERRAGE. — Pour obtenir un travail précis, il importe que le diamètre du disque, sa vitesse

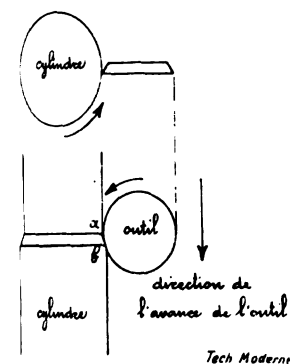


FIG. 2. — Représentation du travail de l'outil circulaire.

de rotation, son avance et son serrage soient déterminés de façon à satisfaire aux deux conditions suivantes :

1° L'usure du tranchant doit être insignifiante pendant le tournage du cylindre;

2° La passe de chariotage doit être terminée avant que le disque n'ait exécuté une rotation complète;

de cette façon, aucun des points du tran-

chant de l'outil ne pénètre deux fois dans la matière. Pour tourner des cylindres de 800 mm de longueur et de 500 mm de diamètre, en fonte trempée, de très bons résultats sont obtenus couramment avec les données pratiques suivantes :

Vitesse circonférentielle du cylindre . . .	1 tour à la minute.
Diamètre du disque-outil . . .	300 mm.
Épaisseur du disque-outil . . .	20 mm.
Vitesse circonférentielle du disque outil . . .	0 ^m 8 par tour du cylindre.
Avance de l'outil . . .	0 ^m 8 par tour du cylindre.
Serrage de l'outil . . .	1 ^m 5 à 2 mm sur le rayon.
Position de l'arête coupante . . .	1 mm au-dessus de la ligne des pointes du tour.

Le sens de rotation du disque et du cylindre est indiqué sur la figure 2.

PRÉCISION DU TRAVAIL. — Lorsque le travail est terminé, ne démonter le cylindre qu'après avoir opéré les deux vérifications suivantes :

1° S'assurer, avec le trusquin à aiguille amplificatrice, que le cylindre tourne rond et que l'excentrage ne dépasse en aucun point de 4 à 5 centièmes de millimètre;

2° S'assurer, avec une règle droite, dont une arête est placée le long d'une génératrice du cylindre, qu'une cale de 5 centièmes de millimètre ne passe nulle part entre l'arête de la règle et la surface du cylindre.

PORTE-OUTIL.

Le porte-outil (fig. 3) est fixé par une queue d'aronde sur le chariot transversal du tour. Ce porte-outil se compose d'un corps en fonte, de deux pièces principales A, B, en acier à outil, d'une roue dentée et d'une vis sans fin, dont la rotation commande le mouvement circulaire du disque.

Pour que l'outil travaille dans des conditions satisfaisantes, il est indispensable :

1° Que l'outil n'ait aucun jeu sur le porte-outil;

2° Que les pièces mobiles A, B du porte-outil n'aient aucun jeu dans leur logement.

Pour éviter le jeu de l'outil, le cône intérieur du disque et le cône supérieur de la pièce A sont meulés de telle façon qu'il existe un jour de 2 à 3 dixièmes de millimètre entre la face inférieure de l'outil mis librement en place et la face supérieure de la pièce A. En serrant énergiquement l'écrou sur la rondelle d'appui, ces deux faces viennent alors au contact, et l'outil fait corps avec le porte-outil.

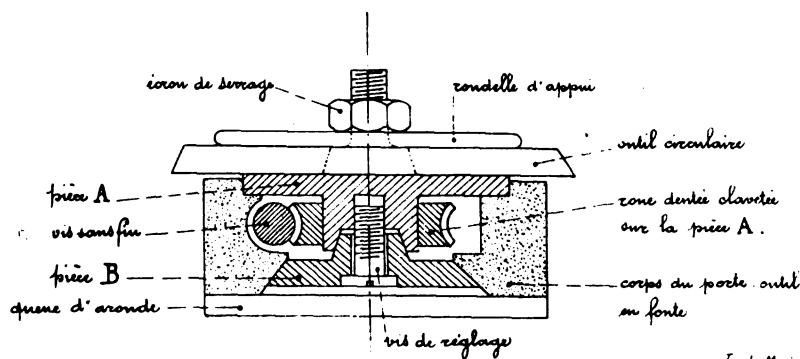


FIG. 3. — Dispositif du porte-outil.

Pour éviter le jeu des parties mobiles du porte-outil dans leur logement, les deux pièces A, B sont réunies par une partie conique et une vis de réglage. La rectification des parties coniques est faite de telle sorte qu'en mettant au contact, sans les serrer, les deux pièces A, B, le jeu de ces pièces dans leur logement soit très faible; il suffit alors de serrer la vis de réglage pour supprimer tout jeu dans le porte-outil.

La partie cylindrique de la pièce A, qui repose sur le corps du porte-outil, doit être parfaitement ajustée dans son logement.

La rectification du grand cône de la pièce B doit être particulièrement soignée, de façon que ce cône épouse exactement la forme de son logement conique dans le corps du porte-outil.

La vis sans fin est portée par un arbre rainuré qui se prolonge en dehors du porte-outil (fig. 4) et sur lequel coulisse une roue dentée; cette roue dentée porte une clavette qui pénètre libre-

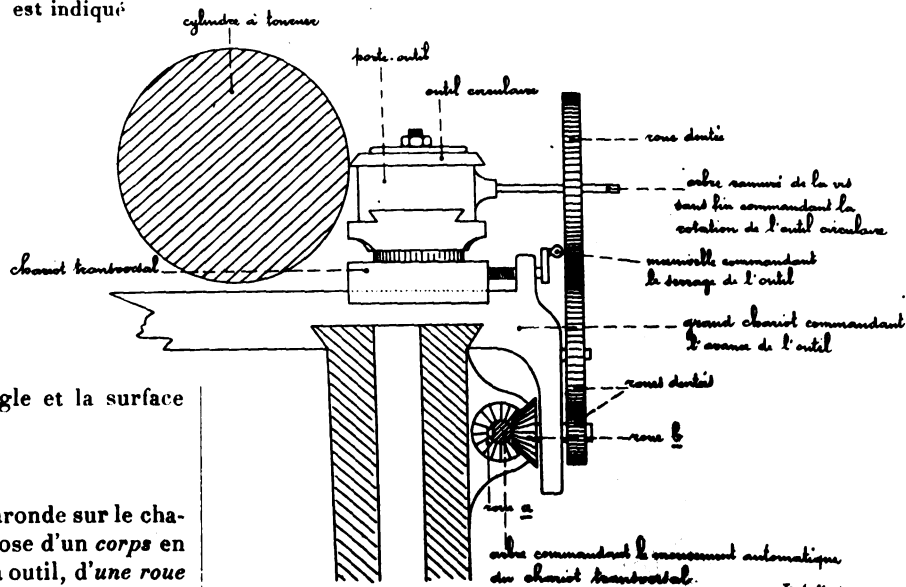


FIG. 4. — Dispositif d'ensemble d'un tour modifié.

ment dans la rainure de l'arbre. Cette disposition permet de déplacer le chariot porte-outil, pour donner le serrage à l'outil, tout en assurant la commande du mouvement circulaire du disque.

MODIFICATIONS A APPORTER AU TOUR.

Les modifications à apporter au tour à chariotier pour assurer la commande du mouvement circulaire de l'outil sont de peu d'importance; elles peuvent être faites sans grande dépense sur un tour quelconque. Ces modifications ont pour but d'utiliser la rotation de l'arbre commandant l'avance automatique du chariot transversal pour obtenir la rotation de l'outil circulaire.

Il suffit, en effet, de fixer sur l'arbre en question une roue dentée conique *a* (fig. 4, p. 395) engrenant avec une deuxième roue conique *b*, dont l'axe est relié au grand chariot du tour.

La roue *a* comporte une clavette pénétrant librement dans une rainure longitudinale de l'arbre: cette roue, entraînée par le chariot, peut donc se déplacer en même temps que lui tout en recevant son mouvement de rotation de l'arbre.

Le mouvement de rotation de la roue *b*, dont l'axe est parallèle à celui de la vis sans fin du porte-outil, est transmis à cette vis par une série de roues dentées. Les diamètres de ces roues sont calculés de façon que la vitesse de rotation du disque-outil et l'avance du chariot soient dans le rapport indiqué plus haut.

Le porte-outil ordinaire du tour est remplacé par le porte-outil décrit plus haut. La hauteur de ce dernier est calculée de façon que l'arête coupante du disque, mis en place, soit légèrement au-dessus du plan horizontal contenant la ligne des pointes du tour.

Lorsque le tour doit être utilisé pour des travaux courants, il suffit de remettre le porte-outil ordinaire et de retirer les roues dentées commandant la rotation de l'outil.

II. — Pièces cylindriques de grande longueur.

Le tour équipé, comme il vient d'être dit, pour tourner les cylindres de laminier, peut également servir pour le tournage de longs arbres cylindriques en acier.

Le tranchant de l'outil, dont l'usure est déjà très faible dans la fonte trempée, ne s'use pour ainsi dire pas dans l'acier; l'outil circulaire peut donc exécuter plusieurs rotations complètes autour de son axe pendant la durée d'une passe, sans que la variation sur les diamètres de l'arbre tourné ne dépasse quelques centièmes de millimètre.

La pièce à tourner doit être maintenue dans une lunette à suivre pour éviter les flexions et les vibrations.

La vitesse de travail varie naturellement avec la nature de l'acier employé; elle est la même avec l'outil circulaire qu'avec les outils à chariotier ordinaire.

Capitaine P. GORGEU,

A l'École centrale de Pyrotechnie militaire,
Ancien élève de l'École Polytechnique.

AVIATION

DE LA CONSTRUCTION ET DE LA CONDUITE DES AÉROPLANES⁽¹⁾

CONDITIONS GÉNÉRALES DE SÉCURITÉ

(Suite et fin.)

II. — Conditions de sécurité de la gouverne.

a) GOUVERNE EN PROFONDEUR. — La gouverne en profondeur n'est sûre que si le pilote peut, en toutes circonstances, obtenir la rotation de son appareil, dans un sens quelconque, autour d'un axe perpendiculaire à son plan de symétrie.

Soit *G* le centre de gravité de l'appareil; Π la poussée résultante de l'air sur ses surfaces fixes (fig. 6) et $\Pi \delta$ le moment de cette poussée par rapport à *G*; p_1 et p_2 les pressions sur les gouvernails mobiles avant et arrière; $p_1 d_1$ et $p_2 d_2$ les moments de ces forces par rapport à *G*.

Si l'appareil est en équilibre on a

$$-\Pi \delta = p_1 d_1 + p_2 d_2.$$

La condition nécessaire et suffisante pour

que le pilote puisse toujours manœuvrer en profondeur est qu'il puisse obtenir à volonté, en modifiant les inclinaisons des gouvernails

$$p_1 d_1 + p_2 d_2 < -\Pi \delta,$$

ou.

$$p_1 d_1 + p_2 d_2 > -\Pi \delta.$$

Si, dans certaines situations de l'appareil, l'une de ces deux

inégalités n'était plus possible, la trajectoire parcourue ne dépendrait plus de la seule volonté du pilote; il pourrait alors arriver que l'appareil s'écarte de plus en plus de sa position normale. Ce cas est celui des appareils qui s'engagent à la descente; on ne l'avait primitivement cru possible qu'avec les appareils sans empennage ni gouvernail arrière, mais on va voir qu'il peut se présenter avec des appareils empennés ou gouvernés à l'arrière, si la surface du gouvernail de profondeur est insuffisante.

1° Appareils sans empennages fixes. — La poussée résultante Π se réduit à la poussée sur les ailes; elle s'éloigne peu de la normale à la corde du profil de l'aile: si le centre de gravité *G* est peu éloigné de cette corde, on peut, dans l'équation d'équilibre, remplacer sans erreur sensible δ par la distance de la projection de *G* sur la corde au point d'application de la poussée Π sur cette corde; Π est approximativement égal au poids *P* de l'appareil.

Or, la distance δ est fonction de l'angle d'attaque; dans les surfaces courbes, le centre de poussée recule du bord avant vers le bord arrière quand l'angle d'attaque est petit et qu'il va en diminuant; les expériences de M. Eiffel ont montré que cette propriété est absolument générale et qu'entre les diverses formes d'ailes d'aéroplanes il n'y a de différence que dans l'amplitude et la rapidité de ce mouvement de recul.

Considérons, par exemple, le cas de la surface à courbure circulaire de flèche $\frac{1}{13,5}$, qu'on peut considérer comme le prototype des ailes d'aéroplanes. En désignant par α l'inclinaison en degrés de la corde de l'aile sur la trajectoire et pour $-4^\circ < \alpha < +5^\circ$,

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 6 (Juin 1911), p. 337.

on peut sensiblement représenter la poussée par la formule

$$P = 0,0055(\alpha + 4)SV^2.$$

La distance du centre de poussée au bord antérieur de l'aile est, en désignant par l , la largeur de l'aile :

$$\begin{aligned} 0,43l & \text{ pour } \alpha = 5^\circ \\ 0,57l & \text{ pour } \alpha = 0^\circ \\ 0,77l & \text{ pour } \alpha = -1^\circ,3 \end{aligned}$$

L'angle d'attaque étant fonction de la vitesse, le centre de poussée se déplacera de $0,14l$ et $0,34l$, quand la vitesse passera de

$$V_1 = \sqrt{\frac{P}{0,0055 \times 9 \times S}} \text{ à } V_2 = \sqrt{\frac{P}{0,0055 \times 1 \times S}}$$

$$\text{ou } V_2 = \sqrt{\frac{P}{0,0055 \times 2,7S}}.$$

Ces variations de la vitesse ne sont pas invraisemblables, elles correspondent à

$$V_2 = 1,5 V_1 \text{ et } V_3 = 1,825 V_1.$$

Supposons qu'un aéroplane, construit avec ce profil circulaire, ait été réglé de manière qu'en vol normal, sous l'inclinaison de 5° , le pilote n'ait pas d'effort à faire sur les gouvernails (la poussée P passant par le centre de gravité); si, pour une raison quelconque, la vitesse augmente dans le rapport de 1 à 1,5 ou à 1,825, le recul du centre de poussée fera naître un moment de renversement $\Pi\delta$ qui fera piquer du nez à l'appareil et pourra l'engager à la descente si les gouvernails ne sont pas assez puissants pour que l'on ait

$$p_1 d_1 + p_2 d_2 > P \times 0,14l \text{ ou } P \times 0,34l,$$

suivant le cas.

Admettons, par exemple, que $P = 500 \text{ kg}$ et $l = 2^m,50$, que l'appareil n'ait qu'un gouvernail arrière, que la distance du centre de ce gouvernail arrière au centre de gravité soit de 6 mètres.

Il faut qu'on puisse avoir

$$p_1 > 29 \text{ kg } 200 \text{ ou } p_1 > 71 \text{ kg.}$$

suivant que la vitesse est passée de V_1 à $1,5V_1$ ou à $1,825V_1$.

On voit que l'effort à demander au gouvernail de profondeur augmente très rapidement avec la vitesse, ce qui montre un nouveau danger des grandes vitesses : elles provoquent l'engagement de l'aéroplane à la descente quand l'effort demandé au gouvernail dépasse celui qu'il peut donner. A partir de ce moment, la trajectoire de l'aéroplane devient concave vers le bas, sa pente va en s'accroissant, ainsi que la vitesse de l'appareil, jusqu'à l'écrasement sur le sol, sans que le pilote puisse rien faire pour l'empêcher.

Il est donc indispensable de calculer les gouvernails de profondeur d'après l'amplitude des mouvements de recul des centres de poussée. Nous avons pris, comme exemple, la surface à section circulaire pour ne pas choisir le profil d'un appareil existant, mais on peut constater que la plupart des profils en usage sont aussi dangereux, sinon plus, que le profil circulaire; il y en a plusieurs pour lesquels le recul correspondant à une variation d'inclinaison de 5° n'est pas $0,14l$, mais $0,35l$.

Quand on a calculé l'effort que doit pouvoir donner le gouvernail, on en peut déduire sa surface; mais la surface ainsi calculée ne représente que le minimum juste suffisant pour que l'appareil ne s'engage pas en air calme; afin de prévoir l'effet des remous, on peut, sans exagération, demander que la surface trouvée soit doublée.

Un autre point doit appeler l'attention, c'est la forme du gouvernail. La manœuvre d'un gouvernail large, non équilibré, peut excéder la force physique du pilote; il faut donc agrandir les

gouvernails en les allongeant (et non pas en les élargissant) et donner au pilote des moyens de commande très puissants, qui lui permettent d'obtenir du gouvernail l'effet utile maximum qu'on en peut attendre en cas d'augmentation anormale de la vitesse.

Enfin, on améliorerait beaucoup les conditions de sécurité de la gouverne d'un aéroplane sans empennage, en reculant le centre de gravité, de manière à le placer à égale distance des deux positions extrêmes possibles du centre de poussée, car le maximum du moment $\Pi\delta$ serait moitié moindre; l'appareil paraîtrait alors au pilote moins bien équilibré, mais on pourrait remédier à cet inconvénient en équilibrant le gouvernail de manière que, sans effort du pilote, il soit normalement portant.

2° *Appareils avec empennage fixe.* — Les nombreuses études faites sur le rôle de l'empennage fixe s'accordent pour conclure que l'on peut, grâce à lui, obtenir la stabilité statique de l'aéroplane en air calme en observant la règle du dièdre.

Cependant, la plupart des constructeurs sont arrivés, par de nombreux tâtonnements, à donner aux surfaces arrière de leurs appareils (la plupart des biplans et plusieurs monoplans sont dans ce cas) des inclinaisons égales et souvent supérieures à

celles des ailes (même lorsque les profils sont semblables).

L'inclinaison plus ou moins grande de l'empennage arrière ne leur a pas paru affecter la stabilité de leurs appareils, et ils ont jugé que le mieux était d'utiliser l'empennage comme surface portante; on peut d'ailleurs constater qu'à inclinaison égale les surfaces arrière portent moins que les ailes.

Tout se passe donc comme si l'empennage de l'aéroplane était beaucoup moins actif que ne le fait prévoir le calcul.

On peut sans doute trouver l'explication de cette anomalie dans le fait que les surfaces portantes de l'aéroplane refoulent l'air vers le bas et lui impriment une vitesse verticale qui n'est pas encore détruite au moment du passage de l'empennage arrière. L'observation fortuite d'un aéroplane à radiateur qui vaporisait beaucoup nous a montré ce phénomène très nettement; le panache de vapeur qui prenait naissance sur le bord antérieur d'une aile s'infléchissait suivant le profil de l'aile et restait ensuite dévié, avec une inclinaison presque constante, jusqu'à une distance de 5 ou 6 mètres après laquelle il cessait d'être visible.

La figure 3 (*) montre également, d'après des observations au tunnel, que l'inclinaison des filets d'air, en arrière de la surface courbe, se maintient assez longtemps. Si l'on trace une courbe en prenant comme abscisses les distances au bord d'attaque, et comme ordonnées les déviations des filets d'air (tangentes des angles des filets déviés avec la direction du vent primitif) en arrière de la surface, on obtient le diagramme de la figure 7. On voit ainsi qu'à une distance du bord antérieur égale à deux fois la largeur de la surface, dans les conditions de l'observation, la déviation est encore les $2/3$ de ce qu'elle est immédiatement après le passage du bord arrière. Avec deux surfaces parallèles, comme dans un biplan, on obtiendrait vraisemblablement le même diagramme pour des surfaces de largeur presque moitié moindre.

Supposons un instant que, pour de faibles inclinaisons d'un aéroplane, les filets d'air sortent toujours tangentiellement au

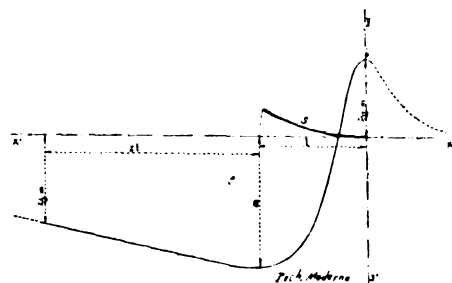


FIG. 7.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 6 (Juin 1911), p. 340.

bord arrière des ailes et que leur déviation reste constante sur une distance L . Tout empennage plan, parallèle au bord arrière des ailes et placé à une distance de celles-ci inférieure à L , resterait inactif, quelle que soit l'inclinaison de l'aéroplane. De même un empennage plan ou courbe, invariablement lié, dans une position quelconque, à la surface portante, serait toujours attaqué dans les mêmes conditions; il subirait une poussée indépendante de l'inclinaison de l'appareil et fonction de la vitesse seulement. Dans cette hypothèse, l'empennage portant tendrait à faire d'autant plus plonger l'appareil que la vitesse serait plus grande, et par conséquent augmenterait toujours le danger d'engagement à la descente; l'empennage non portant pourrait seul diminuer les chances d'engagement.

En réalité, les choses ne se passent pas d'une manière aussi absolue; les filets d'air ne sortent pas tangentielllement aux surfaces et leur déviation ne reste constante sur aucune distance; les empennages ne sont donc pas attaqués par l'air sous un angle constant, mais l'angle d'attaque réel, au lieu d'être égal (à une constante près) à l'inclinaison de l'aéroplane sur sa trajectoire, comme on le suppose généralement, n'est égal (à une constante près) qu'à une fraction de cette inclinaison.

Cette observation montre qu'il ne faut pas attacher une trop grande importance aux calculs qui, dans l'étude du rôle des empennages, ne tiennent pas compte des mouvements de l'air résultant du passage des surfaces avant; elle explique que les constructeurs, ne trouvant pas d'avantage bien net à charger très peu les empennages, les aient au contraire fait travailler à la sustentation presque autant que les ailes (dans certains biplans la charge par mètre carré d'empennage atteint les $2/3$ de celle des ailes; l'inclinaison des surfaces est alors un peu plus grande à l'arrière qu'à l'avant).

La conclusion qu'on en peut tirer est la suivante: Dans les appareils à empennage portant, il ne faut pas compter sur l'empennage pour diminuer les risques d'engagement à la descente, et les gouvernails de profondeur devront être au moins aussi grands que s'il n'y avait pas d'empennage; dans les seuls appareils dont l'empennage est chargé négativement, les gouvernails de profondeur peuvent être plus réduits, leur surface ne pouvant être déterminée que par une expérience dans chaque cas particulier.

Dans tous les cas, il y a un grand intérêt à ce que le centre de gravité soit à égale distance des positions extrêmes que peut occuper la poussée résultante sur les surfaces fixes de l'aéroplane, afin de réduire au minimum la valeur que peut prendre le couple Π .

b) CONDITIONS DE SÉCURITÉ DE LA GOUVERNE TRANSVERSALE. —

Dans les appareils à ailerons, on se contente, en général, pour faire varier le devers de l'appareil, d'appuyer sur l'air qui sort du bord arrière de l'extrémité de l'aile, air déjà dévié vers le bas. L'aileron ainsi employé n'a d'action que s'il est plus incliné que le bord arrière de l'aile, il offre alors une assez grande résistance à la pénétration; en outre, en cas de rupture de la commande des ailerons d'une aile, l'appareil est désemparé, car les ailerons restant à l'extrémité de l'autre aile peuvent bien la soulever, mais ne peuvent pas l'abaisser. On évite en partie le premier inconvénient, et complètement le second, en commandant les ailerons dans les deux sens; on ne saurait trop recommander cette disposition déjà adoptée par quelques constructeurs.

La surface à donner aux ailerons ne paraît pouvoir être déduite actuellement que des observations des pilotes.

c) INFLUENCE SUR LA GOUVERNE DE DIVERSES CIRCONSTANCES PARTICULIÈRES. — Les inégalités étudiées plus haut sont les seules conditions nécessaires et suffisantes pour que le pilote puisse toujours faire varier à volonté l'inclinaison longitudinale de son aéroplane.

On a parfois cherché, dans des conditions particulières, les causes d'accidents difficilement explicables, mais en général les raisons invoquées nous paraissent douteuses: nous allons examiner les principales de ces circonstances particulières.

1° *Régime de la petite vitesse.* — M. Soreau a appelé l'attention sur le fait que la translation horizontale de l'aéroplane, sous l'action d'un groupe motopropulseur donné, peut avoir lieu à deux vitesses différentes et que la marche à la petite vitesse présentait l'anomalie suivante: quand, à cette vitesse, l'aviateur manœuvre pour monter, il descend, et inversement.

Ce fait exact a été, de divers côtés, l'objet d'interprétations erronées en ce qui concerne la gouverne en profondeur: bien des aviateurs pensent que si, par malheur, leur appareil se met un jour au régime de la petite vitesse, ils le verront se cabrer quand ils commanderont la plongée, et inversement. De là à penser qu'à la puissance-limite pour laquelle les deux vitesses se confondent l'appareil n'obéira plus du tout, il n'y aurait qu'un pas. Heureusement, rien de tout ceci n'est à craindre; les anomalies de la petite vitesse sont des phénomènes de translation de l'appareil parallèlement à lui-même; leur connaissance n'a d'intérêt qu'au voisinage du sol, elles ne gênent en rien l'aviateur lorsqu'il est à une certaine hauteur; rien de particulier, dans la gouverne de son appareil, ne révèle au pilote le changement de régime.

Le régime de la petite vitesse n'est dangereux qu'en cas de panne du moteur, parce que l'appareil peut perdre sa vitesse avant que le pilote ait eu le temps de le mettre à la position du vol plané; mais les aviateurs n'ont pas à craindre que l'appareil cesse de leur obéir quand, en cherchant à monter le plus possible, ils prennent la vitesse limite commune aux deux régimes.

2° *Cas de l'angle d'attaque négatif.* — Une autre cause de chute, souvent invoquée, est la prise d'un angle d'attaque négatif.

Il arrive fréquemment qu'un remous descendant annule la sustentation d'un aéroplane et même fasse changer le sens de la pression de l'air sur les ailes; il n'en résulte pas que l'aéroplane doit tomber, parce que cette situation ne dure que pendant un temps extrêmement court à la fin duquel l'orientation de l'appareil dans l'espace n'est pas sensiblement modifiée.

Le danger, dans ce cas, n'est pas que la gouverne de l'appareil devienne impuissante, mais seulement que l'aviateur soit jeté hors de son siège; néanmoins, on va voir que ce danger n'est réel que pour des remous très violents.

Supposons qu'un aéroplane se trouve brusquement mis par un remous dans le cas de l'angle d'attaque négatif; soit V sa vitesse relative par rapport à l'air; soit α l'angle que fait cette vitesse avec la direction dans laquelle il devrait se déplacer pour qu'à la vitesse V il y ait sustentation normale. Posons

$$P = k S \alpha_1 V^2.$$

P et S étant le poids et la surface de l'appareil; α_1 l'angle d'attaque correspondant à la sustentation normale.

La pression sur les ailes, au moment où le remous se produit, est

$$\Pi = k S (\alpha_1 - \alpha) V^2.$$

Sous l'action résultante de cette pression et de son poids, l'appareil prendra une certaine vitesse verticale croissante; soit v la valeur de cette vitesse au bout d'un temps t ; l'angle d'attaque réel n'est alors plus $\alpha_1 - \alpha$, mais $\alpha_1 - \alpha + \frac{v}{V}$, et la pression Π est devenue au bout du temps t :

$$\Pi = k S \left(\alpha_1 - \alpha + \frac{v}{V} \right) V^2 = P \frac{\alpha_1 - \alpha + \frac{v}{V}}{\alpha_1}.$$

La force qui agit sur l'appareil est

$$\frac{P}{g} \frac{dv}{dt} = P - \Pi = P \frac{\alpha - \frac{v}{V}}{\alpha_1}$$

On tire de là

$$dt = \frac{\alpha_1 V}{g} \times \frac{dv}{\alpha V - v},$$

et en intégrant :

$$v = \alpha V \left[1 - e^{-\frac{gt}{\alpha_1 V}} \right].$$

En appelant h le déplacement vertical de l'aéroplane, on a :

$$v = \frac{dh}{dt} = \alpha V \left[1 - e^{-\frac{gt}{\alpha_1 V}} \right],$$

d'où l'on tire :

$$h = \alpha V \left[t + \frac{\alpha_1 V}{g} \left(1 - e^{-\frac{gt}{\alpha_1 V}} \right) \right],$$

en supposant $v=0$, $h=0$ pour $t=0$.

On voit que l'appareil tend à prendre rapidement la vitesse uniforme $v = \alpha V$ pour laquelle la sustentation redevient normale. Si l'on représente la fonction h par une courbe, en prenant t comme abscisse et h comme ordonnée, cette courbe tangente, à l'origine, à l'axe des t , se rapproche rapidement de la droite $v = \alpha V$ à laquelle elle est asymptote.

Si dans la situation initiale $\alpha_1 - \alpha > 0$ il y a sustentation incomplète, l'aviateur ressent l'impression de l'ascenseur qui démarre à la descente; mais il n'en continue pas moins à porter d'une partie de son poids sur son siège.

Si au contraire $\alpha_1 - \alpha < 0$, on a $P - \Pi > P$ et l'accélération $\frac{dh}{dt}$ de l'appareil au départ est plus grande que celle de l'aviateur soumis à la seule action de la pesanteur. Celui-ci, décollé de son siège, tombe en chute libre et en appelant h' la hauteur dont il est descendu au bout du temps t on a :

$$h' = \frac{1}{2} g t^2.$$

L'aviateur rattrapera son siège lorsqu'on aura :

$$h - h' = \alpha V \left[t + \frac{\alpha_1 V}{g} \left(1 - e^{-\frac{gt}{\alpha_1 V}} \right) \right] - \frac{gt^2}{2} = 0.$$

La distance maximum $h - h'$ qui l'en aura séparé pendant la chute libre correspond à

$$\frac{d(h - h')}{dt} = 0.$$

Il est intéressant d'appliquer ces résultats à un cas concret. Supposons par exemple un aéroplane volant à une vitesse de 20 mètres par seconde, sous un angle normal $\alpha_1 = \frac{1}{10}$; admettons que sa brusque entrée dans un courant d'air descendant change le sens de l'angle d'attaque et que celui-ci devienne $-\frac{1}{10}$. Dans ce cas $\alpha = \frac{1}{5}$ et la force $P + \Pi$ qui entraîne au début la chute de l'appareil est $2P$ (en admettant que la formule $K \alpha^2 V^4$ soit applicable aux angles négatifs, ce qui force un peu la valeur de Π). On trouve que $h - h'$ croît rapidement à partir de zéro, passe par un maximum $0^m,13$ pour $t = \frac{1}{3}$ de seconde environ, et s'annule pour une valeur de t à peine supérieure à $\frac{1}{2}$ seconde. En supposant donc l'angle d'attaque complètement inversé, en

négligeant toute élasticité de l'appareil, en supposant que le pilote est complètement libre, on trouve qu'il ne s'éloignerait de son siège que de $0^m,13$ au maximum et qu'il y serait revenu au bout d'une demi-seconde. Quant à l'appareil, il commence à retrouver

une sustentation positive au moment où $\frac{v}{V} = \frac{1}{10}$, ce qui se produit un septième de seconde après le commencement de sa chute.

On voit, par ces chiffres, combien se passent rapidement les phénomènes de renversement des poussées que les pilotes désignent sous le nom de « trous » dans l'air; le temps pendant lequel la sustentation manque complètement à l'aéroplane n'est qu'une petite fraction de seconde, il est insuffisant pour permettre à l'appareil de faire un mouvement angulaire appréciable; la gouverne de l'appareil n'en est donc pas troublée, et si les brusques remous descendants présentent un danger, c'est celui de jeter le pilote par-dessus bord. D'après ce qu'on vient de voir, ce danger n'existe que pour des remous violents, mais il est alors très réel et d'autant plus grand que l'incidence normale de l'appareil est plus faible.

Il n'y a pas désaccord entre ces résultats, fournis par le calcul, et les résultats de l'observation d'un appareil en plein vol par le pilote ou des spectateurs à terre; dans l'air agité, l'appareil peut s'élever ou s'abaisser rapidement de plusieurs dizaines de mètres, parce qu'une fois entré dans un courant perturbateur, il monte ou descend aussi longtemps que dure la traversée de ce courant. Mais on commet une erreur d'interprétation quand on considère ces mouvements verticaux de grande amplitude comme des chutes dues au manque de sustentation. En réalité, lorsque l'appareil entre brusquement dans un courant d'air descendant, la sustentation lui manque, il tombe, poursuivant en quelque sorte l'appui qui lui manque, mais qu'il rattrape au bout d'une fraction de seconde; quand il a repris appui sur l'air du courant descendant, il descend avec lui, et peut faire alors un de ces mouvements de grande amplitude qui impressionnent et pendant lesquels les conditions du vol peuvent être cependant normales; la période de mouvement anormal, pendant laquelle il peut y avoir danger, est toujours extrêmement courte.

3° *Effets gyroscopiques.* — On a invoqué une troisième cause d'accidents : l'effet gyroscopique du groupe moto-propulseur. En réalité, la vitesse de rotation de l'aéroplane pendant un virage est trop faible pour que la réaction gyroscopique donne des effets comparables à ceux qui résultent par exemple du déplacement des centres de poussée; en admettant que le moment d'inertie des parties tournantes du moteur et de son hélice soit $0,5$ (cas du moteur Gnôme de 50 HP et d'une hélice de $2^m,60$ en prise directe), que l'ensemble tourne à raison de 1 200 tours à la minute, et que l'aéroplane vire d'un tour complet en une minute, le moment perturbateur dû à la réaction gyroscopique serait :

$$I \Omega \omega = 0,5 \times \frac{1\,200 \times 2\pi}{60} \times \frac{2\pi}{60} = 6 \text{ kgm } 55.$$

moment négligeable par rapport à celui qui peut résulter du déplacement des centres de poussée.

On peut prétendre que la vitesse de rotation admise ($\omega = \frac{1}{10}$ environ) est trop faible et que l'appareil peut être amené à virer plus vite : le couple gyroscopique étant proportionnel à ω , cette vitesse pourrait augmenter notablement sans qu'il en résulte d'efforts dangereux pour l'appareil; mais nous avons choisi la limite $\omega = \frac{1}{10}$ parce que, pour des valeurs de $\omega > \frac{1}{10}$, le devers que doit prendre l'aéroplane pour ne pas dériver devient énorme. Le devers est en effet égal à $\frac{\omega V}{g}$ (V étant la vitesse de l'appareil); pour un appareil faisant 22 mètres par seconde et virant à la

vitesse $\omega = \frac{1}{10}$, le devers doit être environ 0,22; il atteindrait 0,33 pour $\omega = \frac{1}{6,6}$ et 0,50 pour $\omega = \frac{1}{5}$. Ces devers sont tellement impressionnants qu'un pilote peu exercé, dont l'appareil vire rapidement, prend toujours un devers trop faible et dérive en dehors; ils sont toujours dangereux, même pour un pilote exercé, parce que la moindre augmentation involontaire du rayon du virage provoque la dérive et la chute à l'intérieur du virage; les virages très courts sont donc, par eux-mêmes, suffisamment dangereux pour qu'on s'explique, sans faire intervenir les réactions gyroscopiques, les accidents auxquels ils ont donné lieu.

RÉSUMÉ DES CONDITIONS DE SÉCURITÉ DE LA GOUVERNE. — Les gouvernails de profondeur, et notamment ceux d'arrière, doivent être assez puissants pour permettre au pilote de redresser son appareil quel que soit le recul de la résultante des poussées.

Il ne faut pas compter outre mesure sur les empenages portants pour augmenter la stabilité de l'aéroplane et permettre la réduction des gouvernails de profondeur.

Il faut éviter les gouvernails trop larges dont la manœuvre à une très grande vitesse pourrait excéder les forces du pilote.

Il y a toujours intérêt à placer le centre de gravité de l'appareil à égale distance des positions extrêmes que peut occuper la poussée résultante sur les surfaces fixes de l'aéroplane.

On augmente à la fois la puissance et la sécurité de la gouverne transversale en commandant les ailerons dans les deux sens (haut et bas).

Le régime de marche de l'appareil, la suppression momentanée de la sustentation, les effets gyroscopiques, sont sans influence sensible sur la gouverne de l'appareil.

E. TARRON,

Capitaine du Génie

au Laboratoire d'Aéronautique militaire de Chalais-Meudon.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE

CONSIDÉRATIONS SUR LES MOTEURS D'AVIATION⁽¹⁾

(Suite et fin.)

Le système de moteur qui a permis le mieux jusqu'ici d'alimenter les cylindres d'un mélange dont l'homogénéité ne laisse rien à désirer, c'est certainement le système Gnôme à sept cylindres tournants (fig. 5).

Dans ce genre de moteur, l'arbre est fixe et ne porte qu'un seul coude. Une bielle principale de l'un des pistons attaque seule la fusée du coude et toutes les autres bielles transmettent leur mouvement à des tourillons solidaires de la tête de la première bielle. Les cylindres, en tournant autour de l'arbre, déterminent un mouvement d'oscillation des bielles qui fait monter et des-

entre par l'arbre creux. A l'orifice extérieur de celui-ci, se trouve une sorte de carburateur à réglage d'air à la main, faisant simplement office d'éjecteur, pour le lancement d'un jet d'essence dans l'arbre creux. L'air et l'essence, en arrivant dans le carter, sont violemment agités par l'oscillation rapide des bielles; il en

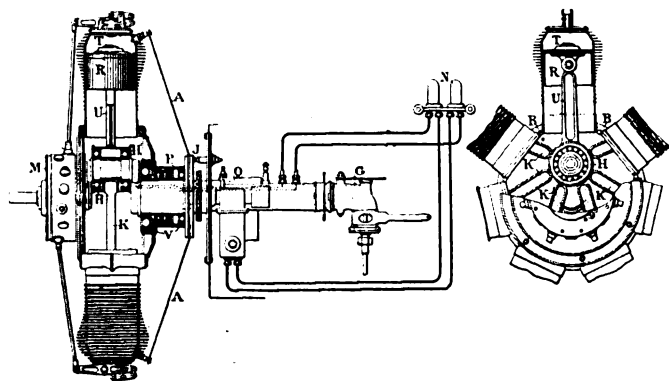


FIG. 5. — Coupe longitudinale et transversale du moteur Gnôme à 7 cylindres. — G, carburateur; N, contrôleurs de graissage; Q, magnéto; K, bielles secondaires; A, fils d'allumage; J, plots; P, butée; H, couvercle des roulements; M, boîte de distribution; U, bielle maîtresse; T, soupape d'aspiration automatique; R, piston.

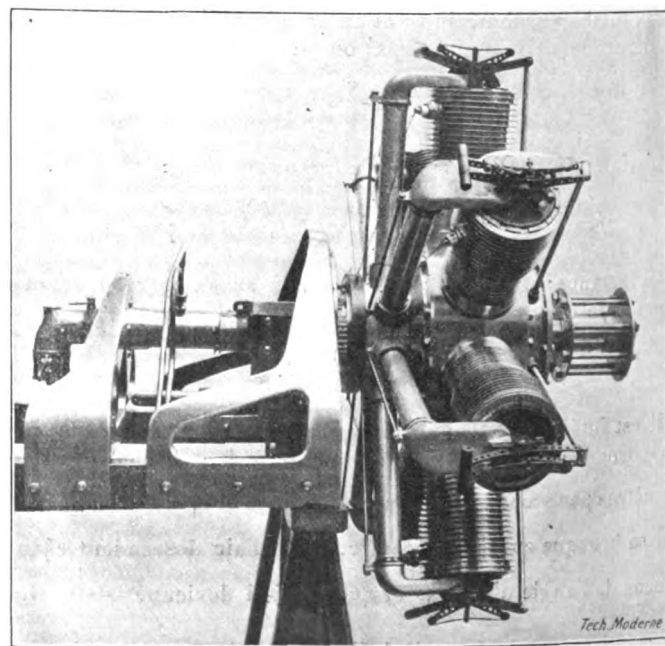


FIG. 6. — Vue d'un moteur Gnôme à alimentation extérieure.

cendre les pistons dans les alésages. L'arbre, creux par un bout, met en communication l'intérieur du carter avec l'atmosphère. Les soupapes d'aspiration, automatiques, sont logées dans le fond des pistons. Les aspirations des cylindres déterminent une dépression dans le carter et l'air nécessaire à la combustion

résulte une homogénéité de mélange qui ne se rencontre dans aucun autre système de moteur en usage. La chaleur des pistons, d'autre part, contribue à réduire toute l'essence en vapeur avant son admission dans les cylindres. Comme avec ces dispositions il n'y a pas de conduits d'aspiration, pourvu que les ressorts des soupapes automatiques aient identiquement les mêmes

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 6 (Juin 1911), p. 334.

flexions et que ces soupapes, rigoureusement de même poids, soient soustraites à l'action de la force centrifuge par de petits contrepoids, les cylindres s'alimentent également d'un mélange qu'il est alors facile d'obtenir en proportion convenable pour obtenir des combustions complètes. C'est à ce mode particulier de distribution qu'il faut, à notre avis, pour la plus grande partie, attribuer les excellents résultats donnés par le moteur Gnôme, tant comme rapidité de mise au point au moment des envolées que comme durée de fonctionnement en pleine charge, quelle que soit l'altitude à laquelle on fasse fonctionner les avions qui en sont munis. Un avion muni d'un moteur Gnôme, dont, bien entendu, l'allumage est en bon état, peut presque partir au commandement, résultat particulièrement remarquable pour les opérations militaires.

Ce dispositif a, par contre, l'inconvénient, comme nous le verrons plus loin, de rendre le graissage du piston difficile; aussi les constructeurs ont-ils cherché à reporter sur les fonds de cylindres les soupapes d'admission, qui alors sont commandées. Dans ce cas, le mélange tonnant est envoyé aux soupapes par des conduits radiaux extérieurs aboutissant à une cuvette circulaire entourant l'arbre, cuvette dans laquelle se fait l'injection d'essence. Si, de cette façon, le graissage intérieur se produit dans de meilleures conditions, nous pensons que, par contre, l'alimentation uniforme des cylindres doit être beaucoup moins bien réalisée (fig. 6, p. 400).

En résumé, en ce qui concerne l'alimentation, à l'exemple de ce que nous avons réalisé sur nos premiers moteurs à gaz à effets multiples, et qui depuis a été adopté par la plupart des constructeurs de grands moteurs, il est certain qu'on obtiendrait des résultats bien meilleurs, quelles que soient les dispositions mécaniques des moteurs, en séparant nettement les distributions d'essence pour chaque cylindre. Il y a de sérieuses difficultés à vaincre pour aboutir dans cette voie, mais ces difficultés sont loin d'être insurmontables.

DISTRIBUTION. — Jusqu'ici, dans les moteurs d'aviation qui ont fait leurs preuves, on n'a rencontré, comme organes de distribution, que des soupapes, et on ne voit du reste pas *a priori* par quels organes plus simples on pourrait les remplacer.

La soupape à simple siège est un organe admirable, pouvant subir de hautes températures sans se déformer, n'exigeant aucun graissage et restant longtemps étanche quand il n'y a pas, à la fermeture, de choc pouvant mâter les sièges. De plus, quand l'étanchéité d'une soupape tend à se perdre, un simple rodage, fait sans difficulté, par le premier venu, permet de tout remettre rapidement en état. Enfin, le remplacement d'une soupape détériorée est un travail facile; même dans le cas du moteur Gnôme, où l'on ne peut atteindre la soupape d'admission avec son siège que par l'orifice d'échappement, l'opération reste simple.

Pour avoir un bon fonctionnement de soupapes, il suffit de tenir compte de l'inertie des pièces, de bien calculer les ressorts de rappel et d'adopter des profils de cames, tels que les galets de commande ne perdent pas contact avec eux au moment des fermetures. Quand on a recours aux soupapes automatiques, la détermination d'un bon ressort de rappel présente de très grandes difficultés; aussi ne les emploie-t-on que lorsqu'on ne peut pas faire autrement, comme dans le moteur Gnôme, où les soupapes placées dans les pistons sont inabordables. Quand on peut le faire, il y a avantage à avoir des soupapes commandées à l'aspiration: les ressorts, dans ce cas, n'ont plus besoin d'être aussi parfaits, et les cylindres se remplissent mieux.

Il semble de mode actuellement, en automobile, de rechercher des dispositifs de distribution pour remplacer les soupapes par des tiroirs, afin de diminuer le bruit des machines en marche. Pour ceux qui ont connu les ennuis des tiroirs des premiers moteurs à gaz, le fait est au moins surprenant. Dans tous les cas,

ce serait une erreur de vouloir appliquer ce système (simple en apparence, mais plus compliqué qu'on ne croit en réalité) à des moteurs d'aviation devant fonctionner toujours très chargés.

Quelques constructeurs, dans le but de n'avoir, par cylindre, qu'un orifice de grande dimension pour la distribution, ont imaginé un dispositif spécial consistant à disposer concentriquement les soupapes d'admission et d'échappement. Dans ce cas, le plus souvent, le siège de la soupape d'admission fait partie d'un piston creux coulissant, qui lui-même, par sa périphérie, fait office de soupape d'échappement. La commande des organes est telle que, pour l'admission, la soupape centrale se lève d'abord seule, son siège restant maintenu immobile par un ressort suffisamment fort, et pour l'échappement c'est la monture même du siège d'admission qui est poussée en entraînant la soupape d'admission qui alors ne s'ouvre pas: les gaz brûlés s'échappent ainsi par l'espace annulaire laissé libre par la levée du siège formant soupape (fig. 7).

Cette disposition, qui avait été d'abord donnée comme un perfectionnement des plus importants et dont la simplicité est encore plus apparente que réelle, n'a pas donné toujours entière satisfaction, précisément à cause de la partie coulissante du siège d'admission qu'on n'arrive pas à graisser convenablement par suite de la haute température des gaz d'échappement. Du reste certains des plus ardents partisans des soupapes concentriques se sont vus forcés d'abandonner ce système et de revenir aux soupapes séparées pour l'admission et pour l'échappement. Ce résultat qui ne nous a pas surpris n'est pas fait pour encourager la recherche de distributeurs cylindriques pour remplacer les soupapes. Dans tous les cas, les solutions proposées jusqu'ici ne peuvent passer pour parfaites et, même en mettant à part l'importante question du graissage, on ne voit pas pourquoi elles donneraient de meilleurs résultats que les soupapes séparées. Ceci ne veut pas dire qu'on ne trouvera pas mieux un jour.

REFROIDISSEMENT. — Les questions de refroidissement des cylindres sont intimement liées aux questions de graissage des pistons. On ne gagne rien à trop laisser chauffer les cylindres. Le rendement thermique, dans ces conditions, ne s'améliore pas d'une façon sensible, et le rendement mécanique baisse. A ce dernier point de vue, il y a plutôt avantage à marcher avec des enveloppes à température modérée. Pourtant, avec des parois de cylindres extrêmement minces comme celles qui sont en usage dans la construction des moteurs d'aviation, il peut arriver qu'on se trouve dans de bonnes conditions avec une température de circulation d'eau atteignant même l'ébullition, mais c'est rarement possible pour certaines parties de culasses pour lesquelles il faut garder des épaisseurs notables. Quoi qu'il en soit, quand on descend à des épaisseurs de 1 mm, comme dans le moteur Gnôme, une température de 100° des enveloppes est trop basse, et il n'y a plus moyen, dans ce cas, de recourir à une circulation d'eau, qui ne serait bientôt, en fait, qu'une circulation de vapeur.

On refroidit alors par l'air; malheureusement, on saute de

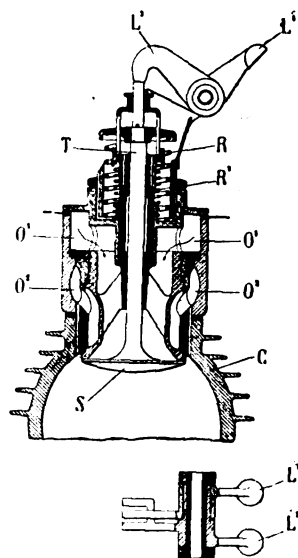


Fig. 7. — Dispositif de soupapes concentriques. — C, cylindre; O', orifice d'admission; O'', orifice d'échappement; L', culbuteur commandant l'échappement; L'', culbuteur commandant l'admission; R, R', ressorts de soupape; S, soupape d'admission.

suite ainsi à une température de parois considérablement plus élevée. Si la rotation des machines de type Gnôme est particulièrement favorable à une circulation intensive d'air autour des cylindres, il semble pourtant que le refroidissement doive encore être insuffisant, car les consommations d'huile de graissage de ces moteurs sont, en pratique, absolument excessives. Ces consommations varient, en effet, de 80 g à 180 g d'huile par cheval-heure effectif, pour des puissances de 40 chevaux à 50 chevaux. Même en prenant le chiffre le plus bas, c'est au moins 20 fois plus qu'un moteur à gaz ordinaire moderne de même puissance. Il est juste de faire remarquer que le métal spécial employé pour les cylindres ne donne pas un coefficient de frottement, mais il n'en est pas moins certain que cette grande abondance d'huile sert, en grande partie, par sa vaporisation, à refroidir les alésages. Ces graissages abondants tendent à encrasser les cylindres, mais comme avec les cylindres tournants, les soupapes d'échappement sont placées dans les fonds, la force centrifuge chasse fort heureusement, à l'extérieur, tous les deux tours, l'excès d'huile décomposée pouvant former des dépôts.

Pour les graissages des moteurs Gnôme à admission intérieure, on utilise souvent l'huile de ricin qui, *a priori*, n'est pas très indiquée pour un pareil usage; mais comme cette huile dissout moins l'essence que les huiles minérales, on a encore avantage à l'employer, car il faut remarquer que, dans les carters, l'huile et l'essence se trouvent forcément en contact.

Le grand défaut de l'huile de ricin est de ne pas se conserver et de donner naissance, au bout de très peu de temps, à des acides qui attaquent les pièces métalliques.

Dans les moteurs à enveloppe, on fait la circulation d'eau avec une telle parcimonie, et quelquefois d'une façon si illogique, que les échauffements restent considérables et les consommations d'huile également trop fortes.

La circulation d'air forcée des moteurs Renault, qui donne de très bons résultats, permet de descendre à une consommation de 48 g par cheval; c'est encore beaucoup trop par comparaison avec la consommation des moteurs fixes, et on doit pouvoir faire mieux.

Au point de vue du refroidissement des cylindres, rien ne vaudrait une détente prolongée, mais il serait difficile alors d'avoir des moteurs très légers.

CONSOMMATION. — En fait de consommation, il faut compter non seulement l'essence, mais encore l'huile de graissage, et il serait même assez logique de donner, comme consommation, la somme de ces deux produits. L'huile de graissage, quand elle est minérale, peut du reste, dans un moteur très chaud, intervenir comme combustible; nous avons constaté le fait maintes fois. Or, l'huile est un combustible qui coûte en général plus cher que l'essence.

Comme dans les moteurs d'aviation on marche toujours à température élevée, on n'est par conséquent pas fixé sur le rendement thermique de la machine en ne considérant que les consommations d'essence.

Les consommations moyennes des moteurs d'aviation ne paraissent pas, dans l'état actuel, être inférieures à 350 g par cheval-heure effectif, que les cylindres soient refroidis par l'eau ou par l'air. Le pouvoir calorifique de l'essence étant d'environ 11 000 calories par kilogramme, on atteint ainsi une consommation de 3 850 calories par cheval-heure effectif.

Par comparaison avec ce qu'on obtient des moteurs à gaz, cette consommation est beaucoup trop élevée. Pour ces moteurs, en effet, même en comptant l'huile de graissage comme combustible, on arrive assez facilement, pour des puissances de 50 HP, à une consommation de 2 500 calories par cheval-heure effectif. Il reste donc, dans cette voie, des progrès de première importance à réaliser.

Dans les moteurs d'aviation, une partie de l'essence traverse souvent les cylindres sans pouvoir brûler. Un système de distribution plus judicieux que ceux employés pourra déjà procurer une amélioration à ce point de vue, mais ce qu'il faudrait pouvoir réaliser sans inconvénient, ce serait de très fortes compressions préalables. Il y a là une grosse difficulté à vaincre qui tient à la nature même de l'essence dont les vapeurs, après fortes compressions, donnent facilement des explosions brisantes.

Ainsi que nous l'avons expérimenté, l'addition d'une petite quantité de vapeur d'eau dans les mélanges améliore considérablement, en ce cas, la marche, mais il en résulte des complications dans la distribution. Avec de fortes compressions, le benzol se comporte mieux que l'essence, mais le combustible liquide idéal pour les très fortes compressions, c'est l'*alcool pur*, et il serait intéressant d'étudier spécialement l'application de ce produit à l'alimentation des moteurs d'aviation.

POIDS ET PUISSANCE DES MOTEURS. — Le meilleur moyen de réduire le poids d'une machine, ce n'est pas de diminuer l'importance de ses organes essentiels, mais d'obtenir le plus de puissance possible pour une dimension donnée de cylindres. Pour cela, il faut d'abord admettre les mélanges aussi froids que possible (c'est-à-dire à leur maximum de densité), avoir un système de distribution bien conçu et marcher avec très peu d'air en excès. On peut avoir ainsi un bon remplissage des cylindres, une combustion complète et des diagrammes corrects. Mais, dans l'état actuel de la construction, on arrive difficilement à un pareil résultat, car il se développe alors dans les cylindres des températures extrêmement élevées à l'explosion, et on risque des grippages et des allumages intempestifs. Aussi est-il prématuré de penser, comme on l'a déjà proposé, à augmenter la puissance des moteurs par des additions d'oxygène pur ou de produits explosifs, puisque les moteurs en usage ne sont même pas capables d'utiliser, à leur maximum d'énergie, les combustibles dont nous disposons.

Tant que le laminage dans les lumières d'admission ne se fait pas trop sentir, la puissance des moteurs croît à peu près proportionnellement au nombre de tours pour un cylindre donné, ou, ce qui revient au même, si on ne considère que la section des pistons, la puissance croît alors proportionnellement à la vitesse moyenne de ceux-ci.

Il y a donc avantage *a priori* à faire de longues courses et à tourner vite. On est limité, dans cette voie, par les chocs dans la commande des organes de distribution et de transmission et par l'inertie des pièces en mouvement qui, lorsqu'elle prend trop d'importance, crée des résistances passives qui croissent notablement plus vite que les puissances.

MAXIMUM DE PUISSANCE. — Ce qui, dans tous les cas, est intéressant à considérer, c'est le maximum de travail réalisable par course utile de piston pour un combustible donné.

Tout revient ici à déterminer la pression moyenne du diagramme réalisable par les machines.

Sans entrer dans le détail de calculs, que nous donnerons prochainement dans une étude des moteurs à combustion, nous nous contenterons de fournir quelques indications à ce sujet.

D'abord les pouvoirs calorifiques maxima des mélanges tonnants, mesurés à 0° et 760 mm de pression à fin d'admission dans un cylindre, sont, au mètre cube, environ de 778 calories pour l'essence, 792 pour le benzol et 834 pour l'alcool à 90 degrés.

Les pressions moyennes sur lesquelles on peut compter sont respectivement alors pour l'essence et le benzol, de 7,45 et 7,06 atmosphères pour des compressions courantes de 5 atmosphères; mais si, pour employer l'alcool, on étudiait des moteurs spéciaux à 12 ou 13 atmosphères de compression, la pression moyenne monterait à 9,3 atmosphères.

On voit par ces chiffres que c'est avec l'alcool, produit national, qu'on pourrait obtenir actuellement, toutes choses égales d'ailleurs, le poids de moteur le plus réduit par cheval. La marche serait ainsi plus sûre, les refroidissements plus faciles, et la somme des consommations d'huile et de combustible plutôt moindre qu'actuellement.

Mais les liquides très volatiles ont tous le grave défaut de permettre trop facilement, à bord des aéroplanes, des incendies qui malheureusement sont souvent funestes aux pilotes.

Pour être à l'abri d'une aussi terrible éventualité, il y aurait un moyen : ce serait de n'employer, pour alimenter les moteurs d'aviation, que du pétrole de densité élevée ; mais actuellement aucun moteur n'est capable de s'accommoder d'un pareil combustible.

En résumé, on voit que, malgré les progrès considérables accomplis depuis peu, il manque encore à l'aviation, pour devenir plus qu'un sport, un moteur plus robuste, moins sujet à l'usure, moins dangereux, moins délicat de réglage et consommant moins d'huile que les moteurs actuels.

Tout reste à faire à ce sujet, et on ne comprend pas pourquoi les associations compétentes ne créent pas un prix important (aussi importants que ceux consacrés aux courses), pour encourager les recherches des inventeurs et hâter une solution.

LÉON LETOMBE,

Chargé du Cours de Machines thermiques
à l'École Centrale des Arts et Manufactures.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE

LA PANIFICATION ET LES PÉTRINS MÉCANIQUES⁽¹⁾

(Suite.)

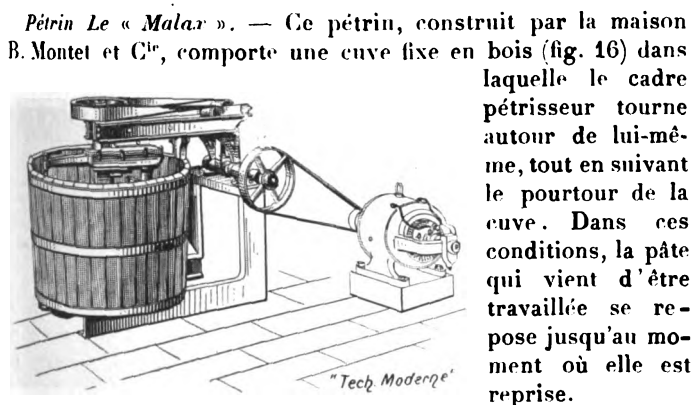


FIG. 16. — Pétrin "Le Malax".

lame d'aération qui maintient un sillon d'air plus large en bas qu'en haut et qui détermine le soufflage de la pâte.

Pétrin « Le Pratique ». — Construit par la Société *Grenoble-Electricité*, ce pétrin (fig. 17) est constitué d'une cuve en fer ou en bois.

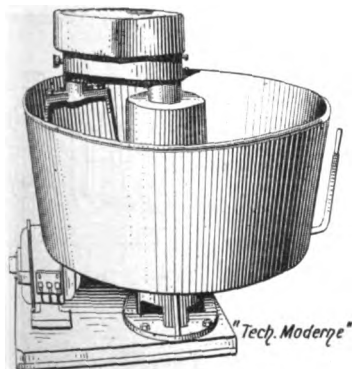


FIG. 17. — Pétrin "Le Pratique".

L'organe pétrisseur en forme de cadre tourne sur lui-même.

Pour actionner ce pétrin, il n'y a ni courroies, ni transmissions, mais des organes indérégables.

La cuve tourne sur une couronne de billes roulant sur des chemins en acier trempé.

La force motrice est fournie par un moteur électrique.

Pétrin Hamon. — Ce pétrin a la forme des pétrins ordinaires à main et, comme ces derniers, il est établi en bois.

Le mécanisme (fig. 18) se compose d'un organe pétrisseur disposé obliquement, de manière à effectuer convenablement le fraissage et le soufflage. Il est fixé sur un axe qui, par l'intermédiaire d'engrenages hélicoïdaux, reçoit son mouvement de rotation et de translation d'un arbre à vis porté par une pièce longitudinale munie de glissières. Ce mouvement de translation peut être limité à volonté à une longueur donnée, de manière à pouvoir travailler

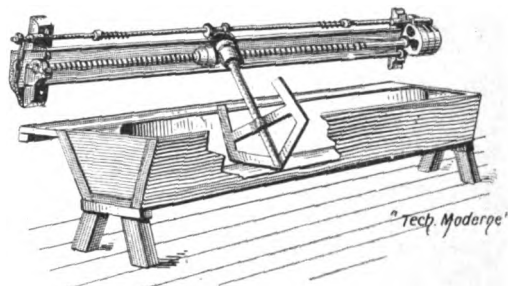


FIG. 18. — Pétrin Hamon.

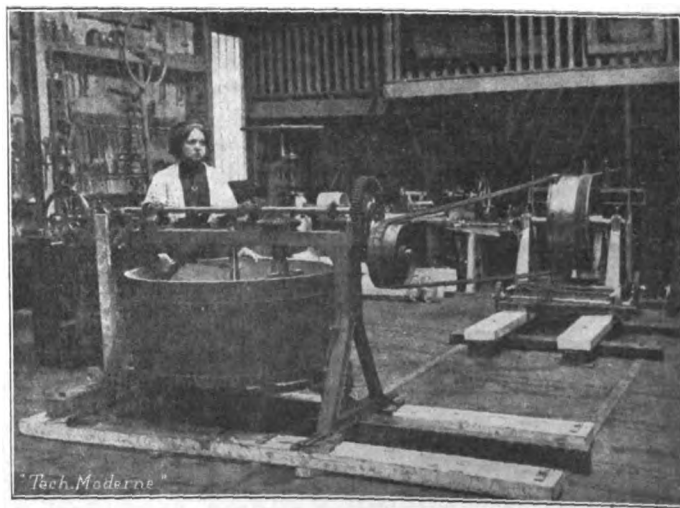


FIG. 19. — Pétrin Dessaint.

soit sur une partie quelconque du pétrin, soit sur toute sa longueur.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 9, p. 501 ; n° 10, p. 556, et t. III (Février 1911), n° 2, p. 74.

4° PÉTRIN AVEC FRASEUR TOURNANT DANS UN PLAN HORIZONTAL ET UN ALLONGEUR TOURNANT DANS UN PLAN OBLIQUE. — *Pétrin Dessaint.* — Il se compose d'une cuve en bois de forme tronconique, mobile autour d'un arbre vertical. Le mouvement de rotation est obtenu à l'aide d'une crémaillère circulaire engrenant avec un pignon (fig. 19, p. 403).

L'organe pétrisseur comporte un friseur et un allongeur.

Le friseur est formé de deux fers coudés à angle droit, tournant autour d'un axe vertical et disposés de manière à venir frôler la paroi presque verticale de la cuve.

L'allongeur, monté du côté de la cuve opposé au friseur, est formé de deux fers coudés, montés sur un arbre incliné à 45°,

afin que, dans une position, une branche de chaque fer soit verticale et l'autre parallèle au fond de la cuve.

Sur les montants du bâti est placé l'arbre de commande horizontal qui actionne, par l'intermédiaire d'engrenages d'angle, le friseur et l'allongeur.

La préparation de 172 kg 75 de pâte ferme demande 7 minutes 30 secondes et la puissance mécanique moyenne dépensée est de 73 kgm 95 par seconde, soit 0,986 cheval-vapeur avec un maximum de 1,27 cheval-vapeur.

(A suivre.)

J.-A. MONTPELLIER,

Président de la Section du Jury des pétrins mécaniques à l'Exposition de Marseille.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES DU CHEMIN DE FER SOUTERRAIN DU NORD-SUD⁽¹⁾

(Suite et fin.)

Archet-frotteur. — Deux arrivées de courant existent sur la motrice, dont une par un archet situé sur le toit de la voiture.

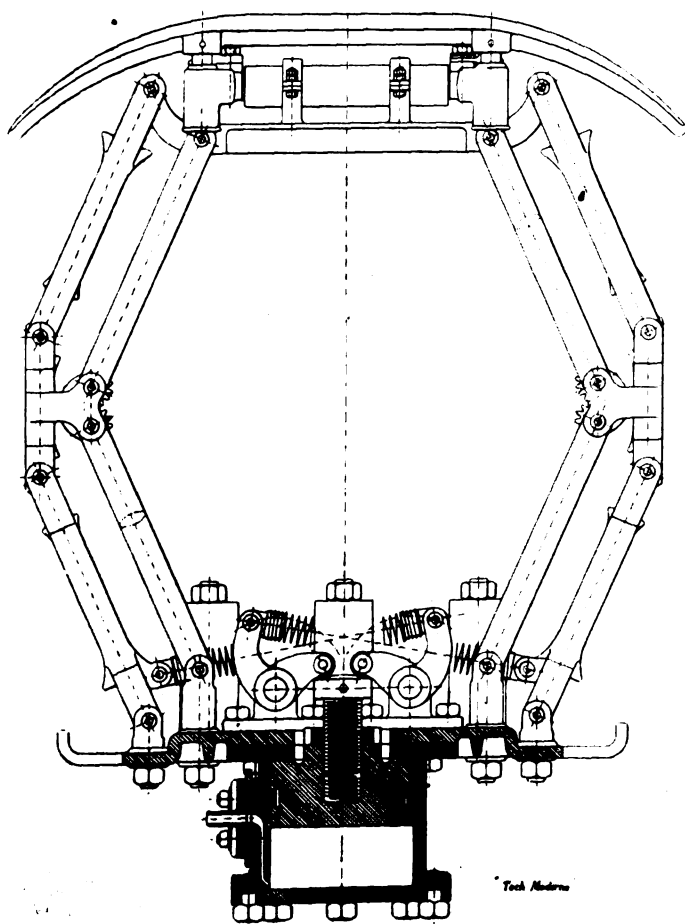


FIG. 11. — Dispositif d'une prise de courant par archet
(Vu de profil).

Cet archet se lève au moyen d'air comprimé pris au réservoir principal de l'équipement de frein Westinghouse, sous une pression de 7 kg. Un robinet, fixé sur l'inverseur dont nous verrons l'utilité dans l'équipement électrique, peut envoyer de l'air dans

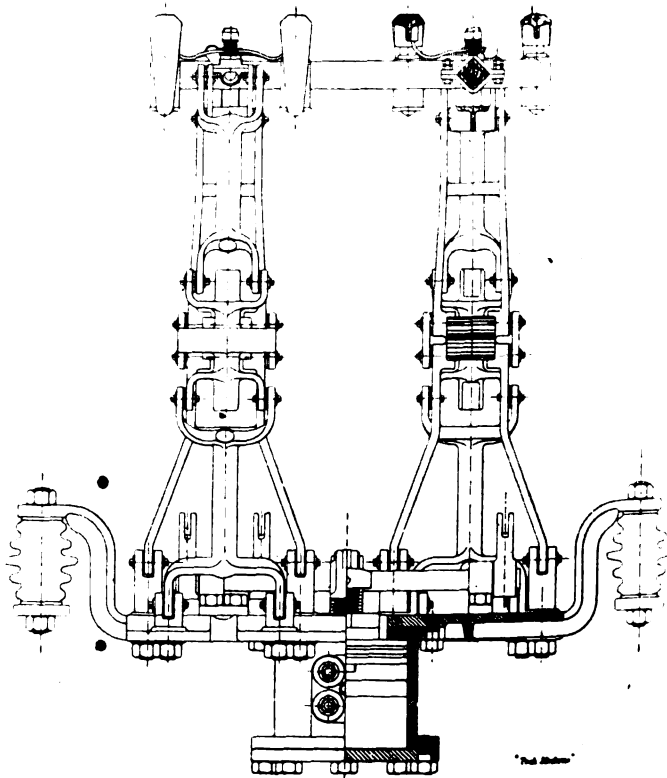


FIG. 12. — Dispositif d'une prise de courant par archet
(Vu de l'avant d'une voiture).

un cylindre, comme le montrent les figures 11 et 12, ou l'évacuer pour la descente de l'archet. Cet archet, très souple, dû à la maison Vedovelli et Priestley, fonctionne fort bien; les flèches de la ligne font plier l'archet en allongeant des ressorts sans

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 6 (Juin 1911), p. 341.

faire travailler le piston. Les cornes sont en un alliage de zinc, | EQUIPEMENT ÉLECTRIQUE. — Les voitures motrices sont munies

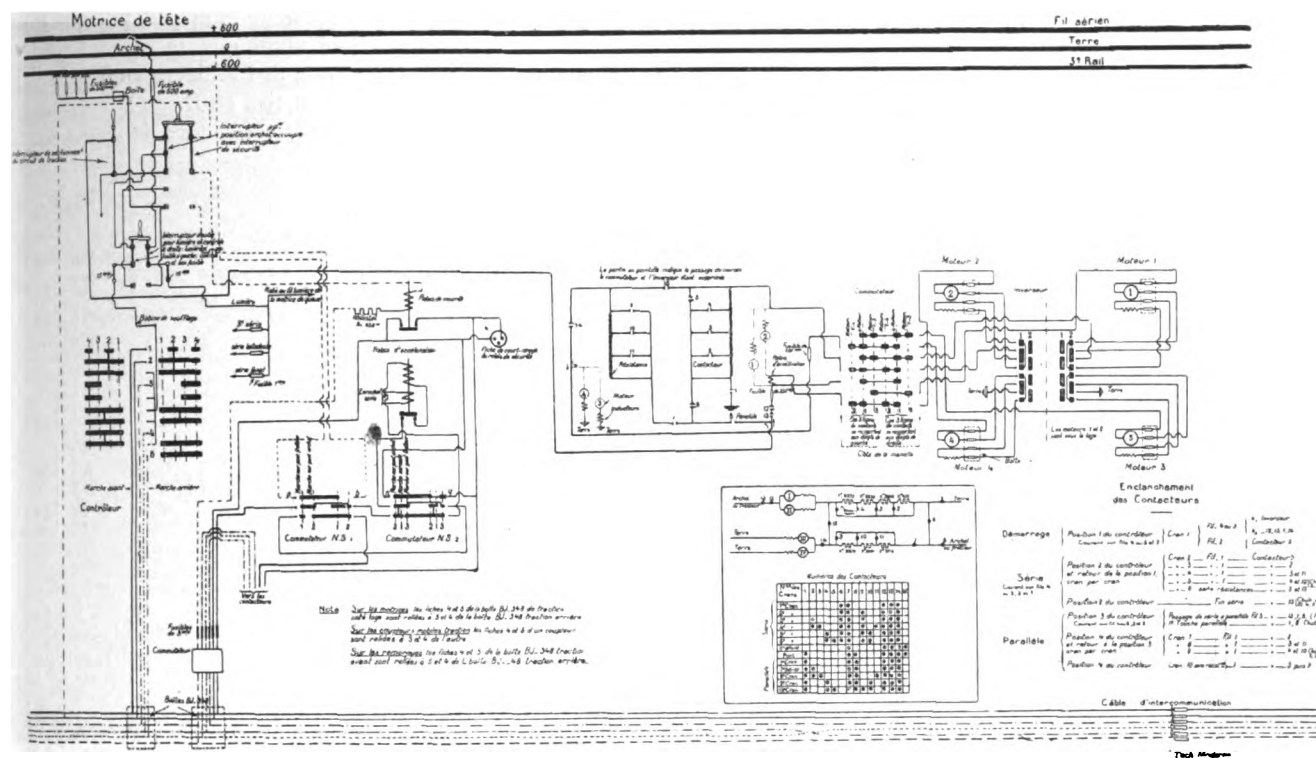


FIG. 13. — Schéma des connexions d'une motrice de tête d'un train du Nord-Sud munie d'équipements Sprague-Thomson.

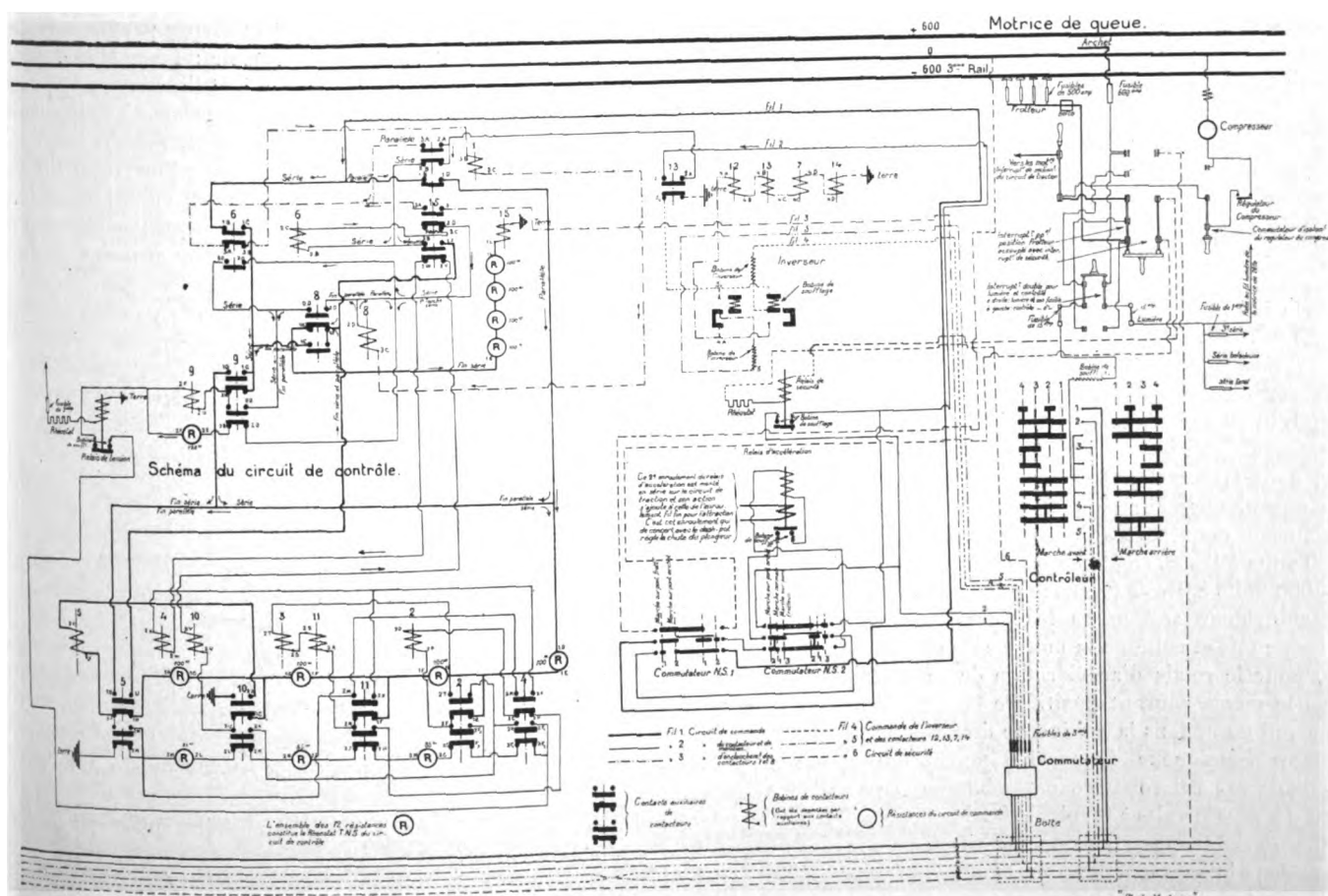


FIG. 14. — Schéma des connexions d'une motrice de queue d'un train du Nord-Sud munie d'équipements Sprague-Thomson.

d'aluminium et de cuivre. La deuxième prise est le frotteur, | d'équipement à unités multiples du type Sprague-Thomson, à
en acier embouti. | accélération automatique.

relais de sécurité n'ayant pas de terre ne peuvent se lever et le courant du fil 2 qui vient passer par les plateaux *pp* est coupé; la même chose se produit si le couteau double n'est pas sur la position rail conducteur.

Le relais de sécurité ne sert que dans la position marche normale. Dans les deux autres cas de marche, comme il n'a plus de raison d'être, il ne fonctionne pas et dans chaque motrice les inverseurs *NS*, court-circuitent le plateau, qui interromprait le courant du fil 2.

RELAIS DE TENSION. — Le relais de tension est un dispositif de protection.

Il a pour but, lorsque la motrice correspondante passe sur un sectionneur de ligne, de couper, par son plateau, le circuit de maintien des contacteurs et de ne le rétablir qu'au moment où

les prises de courant sont de nouveau alimentées, en exécutant les crans de démarrage.

Comme on le voit sur les figures 13 et 14 (p. 405), dès qu'il y a du courant sur l'archet ou sur le frotteur, le relais s'enclanche et, par suite, ferme le circuit de commande du fil 2.

Cet équipement a pour but de faire démarrer les quatre moteurs d'une motrice, en les groupant, au début, en deux groupes en série avec résistance; puis, le relais d'accélération supprime une à une les résistances, ce qui amène les deux groupes à être en série sans résistance.

Les deux groupes de moteurs sont mis ensuite en parallèle avec résistance. Le même relais élimine ces résistances une à une, et les quatre moteurs sont finalement en parallèle sans résistance.

G. DROMEL,
Ingénieur-Électricien.

GÉNIE MARITIME

LES APPLICATIONS FRIGORIFIQUES A BORD DES NAVIRES DE GUERRE

RÉFRIGÉRATION ET VENTILATION DES SOUTES A POUDRES B (1)

(Suite.)

MATÉRIAUX ISOLANTS. — Les matériaux isolants employés à bord des navires de guerre doivent remplir un certain nombre de conditions, dont les principales sont :

Posséder un grand pouvoir isolant. Avoir un faible poids. Être aussi peu volumineux que possible pour ne pas trop réduire le volume utile des soutes. Être incombustibles, ou, tout au moins, ne pas propager le feu. Ne pas être hygroscopiques. Ne pas présenter de difficultés spéciales pour la pose, étant donnée la forme assez compliquée des cloisons de séparation, les matériaux difficiles ou dangereux à manipuler étant toujours mal posés. Les réparations, en cas de détériorations locales, doivent être faciles, et toute l'isolation ne doit pas être irrémédiablement perdue par le fait d'une fuite d'eau, par exemple. Les matériaux doivent aussi conserver toutes leurs qualités isolantes avec le temps, et ne jamais se tasser de façon à produire des solutions de continuité qui nuiraient considérablement au pouvoir isolant. De plus, ils ne doivent pas dégager d'odeurs ni se décomposer en dégageant de la chaleur; ils doivent être imputrescibles, et ne pas attaquer ni le fer, ni le bois, et être, enfin, d'un prix abordable.

Les coefficients de transmission moyens des matériaux qu'on peut employer, ainsi que le poids spécifique de certains d'entre eux, sont résumés dans le tableau I.

Il est à noter, en particulier, pour les lames d'air, que les coefficients indiqués se rapportent à des épaisseurs d'air variables de 2 cm à 10 cm, car le coefficient de conductibilité intérieure d'une lame d'air est très variable suivant son épaisseur.

Les coefficients indiqués dans le tableau I augmentent dans une assez grande proportion lorsque la différence de température entre les parois chaudes et froides s'accroît.

Les nombres donnés se rapportent à des différences de température comprises entre 30° et 50°, comme c'est le cas actuel.

Il y a, dans le choix des matériaux isolants, à tenir compte de ce que certains sont isolants par eux-mêmes, tels : le liège, le charbon ou paillettes de charbon de bois, et de ce que d'autres ne le sont pas, tels : la laine minérale, l'amiante, etc., qui sont, au

contraire, assez bons conducteurs de la chaleur, et qui deviennent seulement isolants par la présence d'un nombre considérable de molécules d'air interposées.

Dans ce dernier cas, l'isolant réel est l'air, et le corps solide

TABEAU I.

COEFFICIENT DE CONDUCTIBILITÉ INTÉRIEURE c'est-à-dire nombre de grandes calories transmises par mètre carré pour une différence de température de 1° de chaque côté de la paroi isolante, pour 1 m d'épaisseur et par heure.	POIDS AU MÈTRE CUBE
Liège aggloméré et imprégné	0,05
Diatomite (aux environs de 50°)	0,07
Laine minérale	0,09
Charcoal	0,06
Amiante sèche	0,15
Pierre ponce	0,07
Poudre de terre d'infusoires	0,14
Fer	60 »
Papier isolant spécial	0,06
Bois de teck	0,20
Air, couche horizontale (la surface chaude étant à la partie supérieure)	0,06
Couche d'air horizontale (la surface chaude étant à la partie inférieure) faible différence de température.	0,09
Couche d'air verticale cloisonnée	0,08
Couche d'air verticale non cloisonnée	0,8

a pour principal but de produire cet état extrême de division des parcelles d'air en repos qui est très favorable pour empêcher la transmission de la chaleur.

Il résulte immédiatement de ce qui précède que, si un bourrage isolant est constitué par des matériaux naturellement isolants comme le liège, il doit être très fortement tassé; au con-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 6 (juin 1911), p. 325.

traire, les matériaux qui ne sont pas naturellement isolants, comme la laine minérale, doivent être légèrement bourrés et se trouver à l'état de parcelles très ténues, de façon à contenir un grand nombre de molécules d'air interposées. Les matelas et autres espèces d'agglomérés constitués avec ces corps étant comprimés fortement ne sont donc pas à recommander.

Un bon bourrage de laine minérale doit contenir environ 96 % de molécules d'air pour posséder un pouvoir isolant suffisant. L'air stagnant est, en effet, un isolant parfait, tandis que l'air en mouvement perd, pour ainsi dire, tout ce pouvoir isolant.

Dans le cas d'emploi des bourrages, il faudra donc prendre des précautions très minutieuses pour empêcher les mouvements thermiques qui peuvent se produire entre les molécules d'air et qui nuiraient considérablement à la valeur isolante du bourrage.

Etant donné qu'à bord, il y a toujours des trépidations, l'emploi des bourrages occasionne inévitablement des tassements qui créent des vides nuisibles au pouvoir isolant.

Les bourrages sont aussi, étant donné le peu de place dont on dispose et la forme courbe des cloisons, assez difficiles à poser, et il est presque impossible de les rendre étanches à l'air et, par suite, à l'humidité.

Aussitôt que les bourrages sont humidifiés, leur valeur iso-

L'agglomérant du liège doit être soumis à un choix judicieux. Il faut rejeter les matériaux hygroscopiques, tels que le plâtre, la caséine, le ciment, la glaise, la colle, la gélatine, pour employer certains produits spéciaux fixes, inodores, à base de résine, de brai et de poix, ayant subi des traitements appropriés.

Comme l'agglomérant a toujours pour effet de diminuer le pouvoir isolant du liège, il est à désirer que l'emploi de plaques en liège naturel puisse se généraliser quand il sera possible de les obtenir saines, en quantités suffisantes, suivant des dimensions déterminées et à un prix raisonnable.

Le poids du liège aggloméré et imprégné est d'environ 300 kg par mètre cube. De façon à tenir compte des imper-

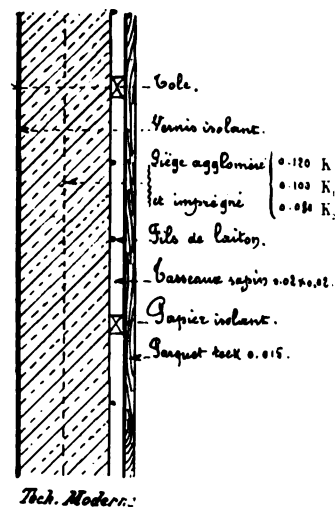


FIG. 1. — Coupe de paroi isolante.
 $K = 0,34$; $K_1 = 0,39$; $K_2 = 0,47$.

TABLEAU II.

NATURE DU CORPS ISOLANT	ÉPAISSEURS		VALEUR du coefficient de transmission	POIDS total au mètre carré	PRIX AU MÈTRE CARRÉ				
	du corps isolant seul	totale de l'isolation			de la fourniture de liège-laine minérale ou charbon papier, etc.	de la fourniture des bois	total de la fourniture	approximatif de la pose	total approximatif de l'isolation posée sur surface plane
					fr c	fr c	fr c	fr c	fr c
Liège aggloméré et imprégné . . .	0,10	0,156	0,42	43,340	5 80	3 50	9 30	7 55	16 85
Charcoal	0,14	0,196	0,42	76,320	6 50	10 75	17 05	10 55	27 60
Laine minérale en matelas . . .	0,15	0,252	0,425	97,740	11 50	12 50	24 »	13 »	37 »

lante diminue beaucoup, et, dans le cas de la laine minérale, il se produit des réactions chimiques qui libèrent des vapeurs acides attaquant le fer.

Pour fixer les idées, on peut noter que, pour une différence de température de 40° et une épaisseur de 15 cm, la laine minérale transmet, quand elle est sèche, 20 calories par mètre-carré-heure, et, lorsqu'elle est humidifiée, cette transmission monte à 50 calories. La transmission a plus que doublé du fait de l'humidification.

Les lames d'air sont réservées spécialement dans les parois inférieures des soutes, du côté de la coque. Leur effet est de renforcer le pouvoir isolant des matériaux choisis, qu'on prévoit, pour cette raison, en épaisseurs un peu moins grandes.

Le pouvoir isolant des lames d'air varie suivant leur orientation et les positions respectives des parois chaudes et froides, qui favorisent plus ou moins les mouvements thermiques entre les molécules.

Nous ne passerons pas en revue tous les matériaux isolants indiqués dans le tableau I (p. 407). Nous mentionnerons seulement qu'au point de vue du pouvoir isolant, de l'imputrescibilité, de la non-propagation du feu, du non-tassement, de la facilité de pose et du poids, le liège aggloméré et imprégné a été adopté par nombre de marines, et, en particulier, par la marine française.

On emploie aussi quelquefois la laine minérale dans la marine anglaise.

fections dans la pose et d'une humidification possible pendant le transport, on a adopté, comme coefficient de conductibilité intérieure, le nombre 0,075, au lieu du nombre 0,05 donné par des expériences faites sur des échantillons choisis.

Le liège est, parmi les isolants qu'on peut employer à bord des navires de guerre, celui qui, à dépenses égales, donne pratiquement le minimum de poids par mètre carré de cloison complètement terminée, et qui, pour des résultats identiques, occasionne le minimum de dépense.

Le tableau II résume, pour trois matériaux isolants : le liège aggloméré et imprégné, le charbon et la laine minérale (et pour une même déperdition frigorifique par mètre carré-heure, comprise entre 0,4 et 0,5), des nombres approximatifs intéressants, relatifs au poids et au prix de revient par mètre carré.

Les prix que j'ai indiqués doivent être sensiblement majorés,

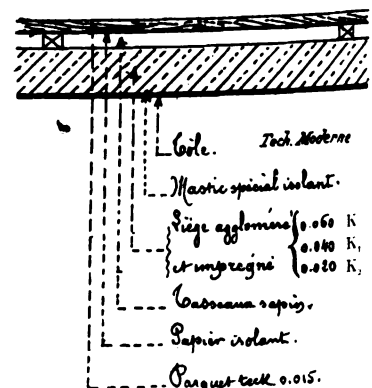


FIG. 2. — Coupe de paroi isolante.
 $K = 0,50$; $K_1 = 0,71$; $K_2 = 1$.

car il n'a pas été tenu compte, dans leur établissement, des difficultés spéciales pour la pose à bord, résultant de la courbure des surfaces, des angles vifs, de la présence de nombreuses membrures et du peu de place dont on dispose pour le travail. (Tableau II, p. 408.)

On peut donc dire que, dans l'état actuel de l'industrie des isolants, le liège aggloméré et imprégné avec un agglomérant convenablement choisi, est le produit qui se recommande le plus pour l'isolation des soutes à poudres des navires de guerre.

Le calcul des déperditions superficielles se fait au moyen des formules connues :

$$O = KS(t - \theta) \\ \text{ou } K = \frac{mr}{n} + \frac{nf}{m}$$

Pour le calcul de K, on se sert de la formule simplifiée qui suffit largement dans le cas qui nous occupe :

$$K = \frac{1}{\sum \frac{c}{c}}$$

c étant l'épaisseur de la paroi, et c son coefficient de conductibilité intérieure.

Il est bon de majorer de 25 % les résultats obtenus par les calculs pour avoir la sécurité nécessaire. On arrive ainsi à des épaisseurs variables entre 8 cm et 18 cm, suivant les parois.

Les figures 1, 2 (p. 408) et 3 donnent des coupes de parois isolantes, avec indications, en regard, du coefficient de conductibilité calculé.

CHOIX DU SYSTÈME DE RÉFRIGÉRATION.

Les soutes étant isolées de façon convenable, quel est le meilleur système de réfrigération et de ventilation à employer pour obtenir une température d'environ 25° et un degré hygrométrique voisin de 0,75 %, aussi peu variable que possible, malgré les changements d'intensité qui peuvent se produire dans les apports calorifiques extérieurs ?

Examinons rapidement les divers systèmes :

1° TUYAUTERIES PLACÉES DANS LES SOUTES. — On peut envisager deux cas :

1° *Détente directe du fluide réfrigérant. — Réfrigération directe.* — Ce système n'est pas à recommander, car il occasionne la présence d'un long réseau de tuyauteries, sous pression élevée, placées dans les soutes et nécessitant un grand nombre de joints. Il entraîne, en outre, une difficulté de réglage assez grande, étant donné le nombre de soutes à refroidir avec le même fluide liquéfié.

2° *Circulation de liquide refroidi en dehors des soutes. — Réfrigération indirecte.* — Dans ce cas, les tuyauteries ont à peu près le même développement que précédemment. Elles ne subissent que de faibles pressions. Les chances de fuites sont diminuées, mais le très grave inconvénient des tuyauteries placées à l'intérieur des soutes est de créer et d'entretenir une atmosphère humide, par suite de la présence, sur les tuyauteries froides, de gouttelettes d'eau de condensation qui, accidentellement, pourraient tomber sur les caisses à gargarisses.

Les deux systèmes créent, en outre, des sujétions relativement aux visites fréquentes dans les soutes, qu'on serait

obligé de s'imposer, pour se rendre compte de la non-existence de fuites, soit de fluide réfrigérant, soit de liquide refroidi.

Avec la première disposition, les pertes de fluide réfrigérant seraient beaucoup plus importantes que celles qu'on a à éprouver quand les tuyauteries à haute pression ont un développement minimum et sont toutes placées, en dehors des soutes, dans le voisinage les unes des autres, et, par suite, faciles à surveiller.

On conclut donc au rejet du système de réfrigération par des tuyauteries placées dans les soutes, malgré l'avantage qui résulterait de la présence de tuyauteries qui, pleines de liquide froid au moment de l'arrêt des machines, formeraient un accumulateur de froid dont le rôle serait de réduire les variations de température dans les soutes, pendant la période de repos.

2° APPAREILS PRODUCTEURS D'AIR FROID. — FRIGORIFÈRES OU AÉRO-RÉFRIGÉRANTS. — Il ne reste donc que le système de production d'air froid en dehors des soutes.

Dans ce but, on peut employer des appareils dits : frigorifères ou aéro-réfrigérants, qui sont de plusieurs catégories :

a) *Frigorifères à détente directe* : Ces appareils ne sont pas à recommander en raison des longs réseaux de tuyauteries à haute pression qu'ils nécessitent, des nombreux joints qu'ils présentent, de l'encombrement et du poids élevé qui rendent leur logement presque impossible à bord, où on dispose plutôt de multiples petits emplacements que de grands espaces en petit nombre.

Ces longues tuyauteries offrent de grandes chances de fuites de fluide réfrigérant et il s'ensuivrait la nécessité de prévoir des approvisionnements très importants de cette matière, sans même encore avoir toute la sécurité indispensable pour assurer la réfrigération des soutes.

b) *Frigorifères à circulation de saumure* : Ce sont les appareils qu'on adopte. Ils ne présentent pas les inconvénients des systèmes précédents, mais on est obligé de recourir à la réfrigération d'un fluide intermédiaire avant de refroidir l'air.

On peut, avec cette méthode, concentrer en un espace restreint toutes les tuyauteries à haute pression et n'avoir, en dehors de la salle des machines, que des canalisations d'eau de mer à basse pression, faciles à visiter et à étancher.

Comme les températures à obtenir sont toujours supérieures à 0°, on peut se dispenser de l'emploi de solution saline spéciale, difficilement congelable, et adopter l'eau de mer comme véhicule de froid entre la machine frigorifique et les frigorifères.

Nous donnerons plus loin quelques détails complémentaires sur la construction des frigorifères à circulation d'eau de mer.

Nous ne parlons que pour mémoire des frigorifères dits à ruissellement, à cascades, à injection, qui ne peuvent être employés à bord, pour des raisons de l'ordre de celles déjà invoquées.

En résumé, la réfrigération et la ventilation des soutes à poudres se fera par circulation d'air refroidi en dehors des soutes, dans un ou plusieurs frigorifères à circulation d'eau de mer, réfrigérée ou non par une ou plusieurs machines frigorifiques.

L'installation comprendra donc les parties suivantes :

1° *Machinerie frigorifique* produisant de l'eau de mer refroidie ;

2° *Système de frigorifères* à eau de mer ou « aéro-réfrigérants » produisant de l'air froid et sec, aux degrés voulus, au moyen de l'eau de mer refroidie ;

3° *Ventilateurs électriques* accouplés chacun à un frigorifère pour envoyer de l'air froid dans les soutes et pouvant faire circuler cet air, en circuit fermé, entre les frigorifères et les soutes par l'intermédiaire de canaux d'air protégés par un isolant ;

4° *Pompes électriques à eau de mer* pour envoyer de l'eau de mer froide dans les frigorifères, et pouvant faire circuler cette eau de mer refroidie, en circuit fermé, entre les frigorifères et les évaporateurs ou appareils générateurs de froid, par l'intermédiaire de canalisations protégées par un isolant.

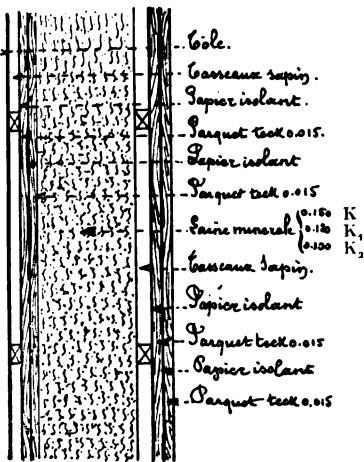


Fig. 3. — Coupe de paroi isolante.

$K = 0,34$; $K_1 = 0,39$; $K_2 = 0,46$.

La difficulté pratique consiste à placer cette installation dans les emplacements restreints qui sont affectés à cet usage, et à agencer les canalisations d'air et d'eau de façon à en réduire la longueur et la résistance, en perceant le moins possible de cloisons.

CHOIX DU SYSTÈME DE DISTRIBUTION DE L'AIR FROID.

Deux systèmes sont en présence :

1° RÉFRIGÉRATION CENTRALE. — Dans cette méthode, il n'existe qu'une seule usine en service pour la fabrication de l'air froid et sec, usine qui est placée vers le milieu du bâtiment.

On a seulement une machine frigorifique, un aéro-réfrigérant, une pompe et un ventilateur électrique, avec les recharges nécessaires en cas d'avarie survenant à un de ces appareils.

On estime que ce système n'est pas pratique et n'offre qu'une sécurité de fonctionnement insuffisante.

En effet, les appareils atteignent des dimensions exagérées qui les rendent difficilement logeables à bord.

De plus, comme sur les navires de guerre les soutes sont généralement divisées en trois groupes distincts : le groupe

avant, le groupe milieu et le groupe arrière, on est conduit à installer de longues canalisations d'air et d'eau qui traversent un grand nombre de cloisons, quelques-unes étant des cloisons étanches, et qui occasionnent des pertes de charge et des déperditions frigorifiques importantes.

On ne peut, en effet, augmenter au delà d'une certaine limite les sections de ces canalisations ; les vitesses de circulation sont donc toujours élevées, ce qui, joint à la faible chaleur spécifique de l'air, contribue à diminuer le rendement du système.

Le réglage de la température dans les soutes avant et arrière, très éloignées de la source de froid, sera assez difficile, et la moindre avarie survenant aux canalisations d'air et d'eau causera un arrêt de la réfrigération des soutes affectées.

On ne pourra non plus faire choix, comme dans la méthode suivante, d'une meilleure température de réfrigération de l'eau de mer pour chaque groupe de soutes, qui donne le rendement le plus élevé, et on sera obligé de refroidir l'eau de mer à la température la plus basse, ce qui accroît l'énergie dépensée.

(A suivre.)

LÉON LEFEBVRE,

Ingénieur des Arts et Manufactures.
Chef des Services techniques
de la Société du Froid Industriel.

MINES

LA DISTRIBUTION ET LES MOUVEMENTS SECONDAIRES DANS LES PERFORATRICES ET MARTEAUX PNEUMATIQUES⁽¹⁾

(Suite.)

DISTRIBUTION PAR TIROIR SYMÉTRIQUE A PERTUIS DE FUITE. — 20) Une particularité nouvelle est commune à l'Eclipse et à tous les types extrêmement nombreux qui en sont dérivés, surtout en Amérique, c'est l'existence des pertuis destinés à assurer au moment voulu et dans un temps voulu l'adduction d'air aux chambres des pistonnets. Il serait à peine besoin de décrire la distribution si connue de l'Eclipse, si elle n'était en quelque sorte le prototype de cette classe de machines. La communication permanente des chambres de tiroir avec l'admission est assurée par

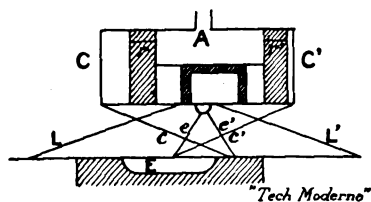


FIG. 18. — Dispositif de la distribution dans le système de l'Eclipse.

de fines rainures de la glace du tiroir (rr' sur la fig. 18) : une mise à l'échappement brusque d'une des chambres, C' par exemple, en provoque la vidange rapide que la petite fuite de la rainure ne peut combler le tiroir est donc poussé à fond de course.

Puis, progressivement, les fuites réparent la vidange de C' et la détente de l'air contenu dans C jusqu'à ce que l'ouverture à l'atmosphère de cette dernière vienne produire une nouvelle inversion. Le rôle du frappeur est ici réduit à la mise à l'échappement alternative des deux chambres du tiroir, ce qui s'obtient par l'artifice ordinaire des canaux de communication c, c' et de l'évidement du piston. La différence essentielle avec les types précédents réside en somme dans ce fait que le tiroir n'est pas inerte ; il est continuellement en travail pour réparer les

vidanges de ses chambres et, ce faisant, il rend possible la nouvelle inversion après laquelle tout est à refaire.

21) Inversement, dans certains appareils, les chambres du tiroir sont mises à l'admission par le piston, et les pertuis de fuite rr' assurent la vidange des chambres entre deux inversions successives. Dans le frappeur Richards par exemple (fig. 19), les canaux cc' des chambres CC' débouchent dans le cylindre en regard de deux admissions fixes aa' ; un évidement du piston distribue l'air tantôt à l'un, tantôt à l'autre de ces canaux. Le tiroir, bloc

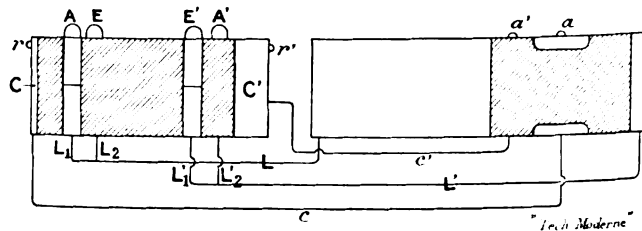


FIG. 19. — Dispositif du frappeur système Richards

cylindrique taillé de deux gorges, est particulièrement simple et robuste.

22) Les deux idées qu'on vient de voir ne se marient guère ; leur coexistence a cependant été réalisée dans certains types américains dont on ne peut naturellement pas louer la simplicité. Leur distribution (fig. 20, p. 411) consiste en somme en un tiroir TT' , mû par un double système de pistonnets PP', QQ' séparant trois groupes de chambres CC', DD', GG' , dont les premières, comme dans l'Eclipse, communiquent avec les secondes par l'intermédiaire de pertuis rr' , mais dont les secondes ont, comme

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 6 (Juin 1911), p. 346.

dans les types allemands, l'admission et l'émission par le cylindre, grâce aux canaux ii' . Le jeu du piston lisible sur la figure 20 repose sur la réalisation simultanée de l'obstruction de l'un des deux groupes de canaux ci' et $c'i$ et de l'ouverture de l'autre; ce jeu d'ouverture et de fermeture est réalisé par le piston lui-même à l'aide de l'évidement central et des débouchés de i et i' sur les faces extrêmes.

Il est douteux que ce soit à cette forme compliquée qu'il faille attribuer la grande rapidité de certains de ces outils (50 coups) même sous pression modérée (4 kg). La rapidité de battage, comme il a été dit plus haut, est bien moins spécifique du tiroir que des conditions de marche du piston (poids et

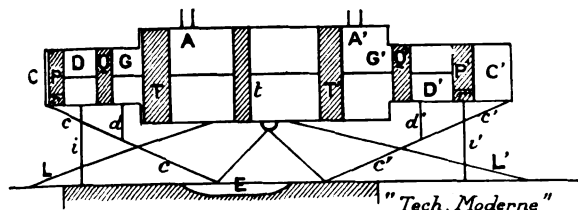


Fig. 20. — Schéma de la perforatrice Daco.

longueur de course, nature du choc en fin de course donnant ou non un rebondissement important). En somme, grâce à l'emploi d'aciers trempés et rectifiés, de tampons de choc ou de matelas d'air pour éviter le matage du tiroir par les butées répétées en fin de course, il est bien démontré aujourd'hui que les distributions ressortant des types simples, avec ou sans pertuis de fuite, supportent les battages des marteaux même rapides.

23) Parmi les appareils à distribution symétrique, le marteau Bornet occupe une place à part, parce que l'air, après la course motrice est, non pas expulsé, mais transvasé de la face arrière sur la face avant, seule outillée pour l'expulsion. Pour que, par le fait de ce transvasement, l'air puisse ramener le piston en arrière, il faut évidemment que les sections offertes soient différentes, d'où la forme différentielle du piston, gros bout à l'avant.

Le fonctionnement est alors le suivant (fig. 21 à 24). Dans la course motrice, l'échappement sur la face avant se fait directement par les trous E, E' d'abord, puis par E' seul; au retour, la face annulaire

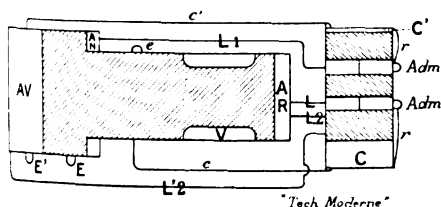


Fig. 21. — Dispositif de la distribution système Bornet.

seule échappe, sauf à la fin, où la contrepression due à la fermeture de cet échappement arrêtera le piston; l'orifice E suffit à ce service. Les canaux de service comprennent alors (fig. 21) : l'admission L sur la face AR, l'admission L1 sur la face annulaire, le retour L2 de la face AR au tiroir, complété par le retour L'2 du tiroir sur la face AV. Le distributeur doit donc assurer, dans une position, l'admission par L, L1 (on profite de l'existence de L2 pour en faire aussi un canal d'admission) et l'obstruction de L'2; dans l'autre position, l'obstruction de L, L1, et la communication entre L2 et L'2. Son mouvement est obtenu comme dans l'Eclipse par la mise à l'échappement périodique des chambres extrêmes CC', dont les pertes sont réparées par des rainures rr' de la glace du tiroir; à cet effet, les canaux de commande cc' débouchent dans le cylindre en regard de deux échappements ee' : le piston, soit par sa tranche, soit par son évidement V, assure au moment voulu ces mises à l'échappement.

Il est à remarquer que, malgré ces analogies de forme avec le tiroir de l'Eclipse, la distribution du marteau Bornet en est fort éloi-

gnée de principe; elle n'assure pas l'échappement dont le cylindre seul se charge comme dans la semi-distribution, mais elle a, en plus de la semi-distribution et en propre, à assurer le transvasement de l'air de l'arrière à l'avant pendant la course de retour. A part les dépressions nécessaires au fonctionnement dans les chambres extrêmes, tout est à la pression vive; l'équilibrage peut donc être parfait et la mobilité extrême; on peut même craindre qu'elle ne soit excessive.

24) Il est assez étrange, et assez inexplicable que, malgré des conditions si différentes d'utilisation de l'air sur l'une et l'autre des faces, les constructeurs aient le plus souvent donné à la distribution des perforatrices la disposition symétrique des tiroirs de machine à vapeur, axe parallèle à celui du cylindre et plan de symétrie coïncidant avec le plan de symétrie du cylindre. Dans les marteaux, au contraire, on s'est visiblement plus occupé de ces conditions spéciales.

Tant qu'à conserver le parallélisme des axes, le rejet du tiroir à l'arrière, déjà employé il y a longtemps dans les Dubois-François, est très rationnel; l'étranglement de l'air arrivant sur la face avant est sans inconvénient, au contraire, et l'admission sur la face arrière par un trajet aussi direct que possible du tiroir au cylindre est extrêmement recommandable au point de vue de la puissance de l'outil. Les laminages sur la face avant ont tellement peu d'importance, surtout dans les marteaux à cause du

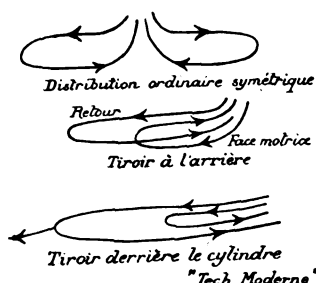


Fig. 23. — Schéma des parcours d'air suivant la position du tiroir.

rebondissement, que Bornet adopte, dans certains de ses perforateurs, la communication permanente de la face avant avec l'atmosphère par le canal de son fleuret creux; le laminage suffit pour assurer un excès de pression et ramener avec le rebondissement le cylindre à fond de course retour (fig. 23 et 24).

Un exemple assez curieux, mais qui ne paraît pas avoir été suivi, a été donné par Hoffmann dans sa Wahrwolf. Le fonctionnement ne diffère pas sensiblement de celui des tiroirs aéromoteurs ordinaires, mais la réalisation en est entièrement originale. Parallèle au cylindre, mais rejeté contre le fond arrière, il démasque directement la lumière d'admission sur la face motrice; l'adduction d'air vers l'avant se fait par le corps même du tiroir disposé en forme de tube creux (fig. 22).

C'est pour les marteaux, et surtout pour les marteaux rapides, que l'on en est arrivé à une solution beaucoup plus radicale, et qui paraît beaucoup plus rationnelle : rejeter le tiroir derrière le fond arrière du cylindre, en disposant sa ligne de battage perpendiculairement à l'axe de ce dernier. L'adduction sur la face avant ne peut alors se faire, comme dans le Gordon ou le Bornet, que par des canaux ménagés à l'intérieur du cylindre, mais l'afflux d'air dans la période motrice ne peut pas être plus direct, et, surtout pour les marteaux, c'est là l'essentiel.

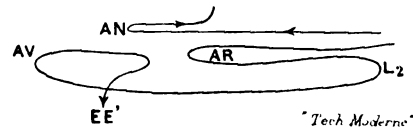


Fig. 24. — Schéma du parcours d'air dans le marteau Bornet.

TIROIRS DISSYMMÉTRIQUES À COMMANDE UNILATÉRALE. — 25) Dans les types de distribution précédemment étudiés, l'aéromoteur qui constitue le tiroir est donc caractérisé par la présence des deux chambres extrêmes où l'on peut faire régner soit la pleine pression, soit une pression réduite; en tous cas, deux canaux de commande sont nécessaires, un pour chaque chambre. On peut,

au contraire, en se basant sur la dissymétrie des pièces du tiroir, obtenir sa commande en n'agissant que sur la pression dans l'une des chambres; les canaux de communication sont simplifiés, au moins en principe, et surtout on réalise à coup sûr la stabilité des positions extrêmes et l'on évite l'affolement des tiroirs trop bien équilibrés.

Pour réaliser une telle commande, l'idée la plus naturelle, et celle qui effectivement est le plus souvent appliquée, consiste (fig. 25)

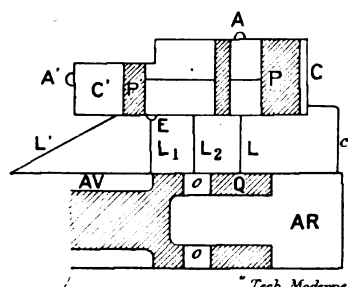


FIG. 25. — Dispositif de la perforatrice système Hoffmann.

à munir encore le tiroir de deux pistonnets PP' mobiles dans leurs logements, CC' mais en leur donnant des sections inégales. Une des chambres, C' par exemple, est toujours à l'admission, l'autre C est tantôt à l'admission, tantôt à l'échappement; l'inégalité des sections assurera dans l'un et l'autre cas l'effort de sens voulu pour obtenir l'inversion du tiroir.

26) Tel est le cas de la perforatrice Hoffmann (fig. 25), où les variations de pression dans la chambre C sont obtenues par sa communication constante c avec le fond de cylindre arrière. Si nous la citons de préférence à toute autre, c'est à cause d'autres particularités dans la liaison entre piston et tiroir. Tandis que la face AV n'a qu'une lumière ordinaire L' débouchant au fond de cylindre correspondant, il y en a trois sur la face motrice, dont l'une L en relation permanente avec l'admission, l'autre L' avec l'échappement, et la dernière L' est, suivant les positions du tiroir, à l'admission ou à l'échappement. L'afflux ou l'efflux d'air de ces lumières sur la face motrice ou inversement se fait par les ouvertures o ménagées dans le piston creux, lequel parfait donc sa propre distribution, que le tiroir ne fait qu'amorcer.

En somme, on voit que ce n'est que par un détour, dont on ne conçoit pas très bien l'avantage, qu'on arrive à réaliser à peu près la pleine admission, si simple à obtenir quand on fait déboucher les canaux d'admission et d'émission près des fonds de cylindre. Ici (fig. 25), la désobstruction de L par O en fin de course retour assure l'entrée d'air sur la face AR et de là, par c, dans la grande

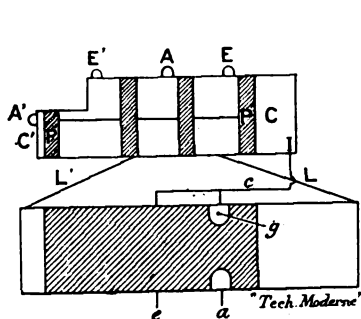


FIG. 26. — Schéma des distributions unilatérales.

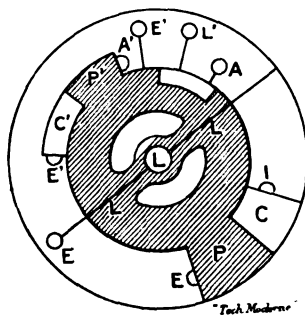


FIG. 27. — Dispositif de la valve oscillante des frappeurs système Haeseler-Ingersoll.

chambre du tiroir, ce qui provoque l'inversion de celui-ci et met par suite L' à l'échappement E, et L² à l'admission A; le piston recommence sa course motrice, recevant l'air vif par L puis L² jusqu'à obstruction de ce dernier canal par la queue Q du piston; on est alors près de la fin de la course avant, et c'est L' que O vient maintenant démasquer; par là commence la vidange de la chambre AR, puis, par l'intermédiaire de c, l'inversion du tiroir. En outre de la complication susdite, cette particularité d'imposer au piston un rôle direct dans sa propre distribution lui impose aussi une course géométriquement définie, et enlève à la perforatrice la possibilité des battages variables.

27) Le même principe du tiroir à pistonnets inégaux se retrouve

dans quelques types de marteaux où la fixité de la course donne, au moins en principe, une grande simplicité à la distribution. Il suffit pour obtenir les variations de pression dans C (fig. 26) que le cylindre porte deux lumières en communication permanente, l'une a avec l'admission, l'autre e avec l'échappement qu'une gorge g du piston assure, en fin de course, avant la communication de a et du canal c aboutissant à la chambre du tiroir (c'est le cas de la figure 26), et que le piston lui-même, en fin de course arrière, démasque l'échappement e.

28) L'une des réalisations les plus ingénieuses de ce principe est la valve oscillante des frappeurs Haeseler-Ingersoll. La boîte de valve est fixée dans le fond de cylindre entre une chambre arrière à l'air vif et une chambre d'échappement à l'avant; une série d'orifices et de canaux pratiqués dans cette boîte sont en communication soit avec l'admission (AA'), soit avec l'échappement (EE'). Quant aux chemins d'admission sur les deux faces du percuteur, l'un L' est pratiqué dans la boîte de valve et communique avec un canal débouchant à l'extrémité de cette face avant, l'autre L est dans l'axe même de la boîte et aboutit à la face motrice (fig. 27).

La valve proprement dite est une bague qui oscille sur son axe entre deux positions extrêmes, axe réalisé matériellement par un arbre porté par la boîte et percé de la lumière L dont il vient d'être question. Les deux piston PP' des types habituels sont ici remplacés par deux aubes inégales se déplaçant dans deux logements jouant le rôle des chambres CC' des distributions ordinaires; les deux faces de la petite aube sont mises en permanence, l'une à l'admission, l'autre à l'échappement; l'une des faces de la grande aube est aussi constamment à l'échappement; l'inversion s'obtient simplement par la mise à l'admission ou à l'émission de la dernière lumière I de la chambre C, ce qui se fait, comme on l'a vu précédemment, par le jeu du piston (fig. 26 et 27).

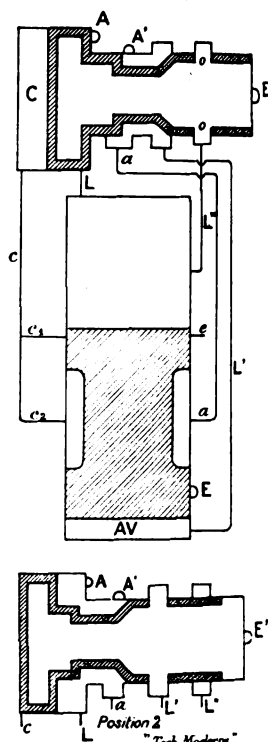


FIG. 28. — Tiroir du Little Giant, système Kimmann.

On reproche à la valve oscillante sa délicatesse et, depuis l'époque relativement lointaine de son apparition (le brevet français est de janvier 1903), l'exemple ne paraît pas avoir été suivi. Il est certain que l'on conçoit mal une telle pièce d'horlogerie dans un outil de mine; le principe était intéressant cependant, l'admission d'air sur la face arrière très directe, la mobilité très grande (ce qui ne nuit pas dans ces appareils à positions extrêmes bien stables) et l'indépendance des chocs du piston sur les mouvements de la valve précieuse. Il n'est pas sûr que la valve oscillante ait dit son dernier mot.

29) Avec les tiroirs battants ordinaires, l'application de la commande unilatérale donne évidemment lieu à une infinité de variantes. Dans le Little Giant de Kimmann (fig. 28), bien connu aux Etats-Unis, et le seul que je citerai, le tiroir renferme, comme dans tous les types dissymétriques, une chambre C que le piston peut mettre soit à l'admission, soit à l'échappement, grâce aux deux débouchés du canal de commande c dans le corps du cylindre, l'un c' en regard d'un échappement e, l'autre c'' en regard d'un canal a mis à l'admission quelle que soit la position du tiroir. La particularité réside en ce que le tiroir est creux, et l'intérieur en est mis normalement à l'échappement par l'intermédiaire de canaux non figurés; il suffit donc de l'admission

permanente de l'air A sur un ressaut du tiroir pour que la mise à l'échappement de C l'entraîne à fond de course (position 2, fig 28, p. 412), tandis que l'afflux d'air dans la même chambre, en permettant à la pression de s'exercer sur toute la section du piston le ramène à l'autre fond de course (position 1).

Ainsi, le tiroir règle l'admission sur les deux faces : quant à l'émission, celle de la face AV se fait directement pendant la plus grande partie de la course motrice par l'orifice E d'échappement direct; seules, la fin de l'émission en course motrice et la totalité de l'émission de la course retour sont réglées par le tiroir,

grâce aux canaux L'L", que des trous *o* du tiroir mettent, au moment voulu, en relation avec l'échappement.

L'appareil est bien disposé, tiroir à l'arrière, battant perpendiculairement à l'axe du cylindre, admission très directe L sur la face AR; par contre, la forme creuse du tiroir est une cause d'usure et de fragilité.

(A suivre)

L. CRUSSARD,

Ingenieur au Corps des Mines,
Professeur à l'Ecole nationale des Mines de Saint-Etienne.

CHIMIE INDUSTRIELLE

L'INDUSTRIE DE LA SAVONNERIE⁽¹⁾

(Suite.)

Si la liquidation se fait non plus à l'ébullition, mais à température plus basse, entre 65° et 70° par exemple, et qu'on abandonne ensuite la masse liquidée au repos et au refroidissement, la séparation de la lessive se faisant plus lentement dans une masse moins chaude et moins fluide, la lessive, entraînant les savons les plus solubles et les impuretés, telles que les savons métalliques colorés, se dissémine en filets dans la masse de savon clair en voie de solidification, et la solidification étant complète, on a un produit hétérogène, sillonné de veines colorées; c'est ainsi que s'obtiennent les *savons marbrés*. Pour que la marbrure soit encore plus apparente, le savon n'est pas séparé de sa lessive comme pour les savons unicolores et l'on coule le mélange de savon et de lessive sitôt liquidé; en outre, on introduit souvent dans la masse liquidée des substances colorantes insolubles, dont le drainage par la lessive dessinera des veines plus apparentes. Les savons marbrés sur lessive, étant séparés de leur lessive à température relativement basse, renferment plus d'alcali caustique et de sels divers que les savons unicolores : ce sont les plus impurs des savons sur lessive.

La liquidation peut enfin être poussée, comme nous l'avons indiqué précédemment, jusqu'à ce que les grains de savons s'agglomèrent et se dissolvent dans la lessive, de façon à former une pâte d'apparence homogène, dont il ne se sépare pas de lessive tant que la température reste celle de l'ébullition. On obtient ainsi un système en équilibre, constitué par deux solutions de savons : l'une riche en savons et pauvre en lessive et en éléments salins, l'autre riche en lessive et en éléments salins et pauvre en savons. La première représente le *savon commercial*, la seconde porte le nom de *gras*. Ce système, quoique plus stable que les précédents, voit cependant son état d'équilibre rompu dès que la température s'abaisse et, par refroidissement, les deux phases, gras et savon, se séparent, la composition de chacune d'elles variant indéfiniment à mesure que la température s'abaisse, jusqu'à ce que l'on arrive à un état d'équilibre stable à la température correspondant à la prise en masse de l'une des phases, la solution riche en savons. C'est ainsi que s'obtiennent les *savons liquidés sur gras* et, d'après ce que l'on a vu précédemment, ces savons sont peu chargés en alcali caustique et en éléments salins; ce sont les savons les plus neutres et les plus purs que puisse donner le procédé par liquidation. La séparation du gras et du savon commercial réalise en effet le

passage dans le gras des savons les plus solubles et les plus colorés et l'entraînement, par cette solution plus fluide, de toutes les impuretés qui étaient encore retenues par le savon grenu, cuit.

La liquidation représente certainement l'opération la plus délicate de la fabrication des savons par relargage et liquidation; c'est celle qui demande le plus d'attention et de soin et le plus d'expérience personnelle.

D'une manière générale, elle s'opère de la façon suivante :

Pour les savons unicolores levés sur lessive ou sur gras, elle s'opère à l'ébullition; pour les savons marbrés levés sur lessive, elle s'opère à température inférieure, de façon que, la liquidation finie, la masse se trouve prête à couler entre 65° et 70°.

Dans le premier cas, après avoir épiné la lessive de cuisson, on porte à nouveau la masse de savon restée en chaudron à l'ébullition, en y ajoutant une certaine quantité d'eau salée, de concentration variable, mais inférieure à celle de la lessive soutirée. La composition des grains de savons se modifie au contact de l'eau salée; il se dépouille en partie de l'excès d'alcali qu'ils retiennent, et la concentration de la lessive qui les environne étant plus faible que précédemment, ils gonflent et deviennent plus volumineux; cette première phase porte quelquefois le nom de *fonte* (du grain). Après un certain temps d'ébullition, on laisse reposer la masse, puis on épine la lessive alcalino-salée qui se sépare.

On porte encore la masse de savon à l'ébullition et on commence la liquidation proprement dite; pour cela, on arrose peu à peu la pâte grenue d'eau pure en ayant soin que l'ébullition ne s'interrompe pas et que chaque quantité d'eau ajoutée soit absorbée avant d'en ajouter une nouvelle. Les grains de savon gonflent de plus en plus à mesure que la concentration de la lessive diminue, et l'ébullition qui, au début, était tumultueuse et s'effectuait avec des soubresauts et des projections, devient plus calme. En continuant les affusions d'eau, on arrive au point où les grains de savon tendent à s'agglomérer et à former une pâte grossière; ils tendent également à se dissoudre dans la lessive et celle-ci, qui était jusque-là limpide et brillante, tend à se troubler, et, si on la refroidit, elle présente des flocons mucilagineux. C'est à ce point que l'on dit que la lessive *s'engraisse* ou *s'envisque*; c'est également à ce point ou à peu près, selon les matières grasses saponifiées, que s'arrête la liquidation des savons levés sur lessive. La masse est alors abandonnée au repos, et une fois la séparation de la lessive et du savon opérée, le savon est coulé.

(A suivre.)

E. BONToux,

Ingenieur Chimiste (E. C. I. L.)
des Etablissements Rocca, Tassy et de Roux
et de la Société Anonyme
des Savonneries de la Méditerranée.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 3, p. 162; n° 4, p. 221; n° 5, p. 292; n° 6, p. 352; n° 7, p. 407; n° 8, p. 447; n° 9, p. 488; n° 10, p. 554; n° 12, p. 694, et t. III (1911), n° 1, p. 31, n° 3, p. 161, et n° 5, p. 291.

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER

Résultats obtenus par l'emploi des locomotives à vapeur surchauffée.

M. J. T. Bierman indique, dans le *Bulletin de l'Association du Congrès international des chemins de fer*, les résultats de trois années d'expérience relatifs à l'emploi de locomotives à vapeur surchauffée sur le réseau de la Compagnie des chemins de fer hollandais. Ces résultats ont été des plus satisfaisants.

Les locomotives étudiées étaient pourvues du surchauffeur Schmidt (1). En 1907 deux locomotives seulement avaient la surchauffe. Cinq autres locomotives à surchauffe furent mises en service fin 1907, trois en 1908, dix en 1909, quatre en 1910.

Pour constater les économies réalisées par les locomotives à surchauffe, on procéda à des parcours d'essais dans lesquels la locomotive à surchauffe remorquait une charge supérieure de 19 % à celle des locomotives à vapeur saturée, les vitesses étant les mêmes; puis on affecta les locomotives, pendant quelques mois, à un même groupe de services, dans lequel elles remorquaient les mêmes trains en ordre de succession régulier, de telle sorte qu'elles se trouvaient absolument dans les mêmes conditions.

Le tableau ci-dessous indique les résultats de ces essais :

	LOCOMOTIVES à vapeur surchauffée	LOCOMOTIVES à vapeur saturée	ÉCONOMIE pour cent
Poids du train, en tonnes	307	258	„
Nombre d'essieux	39	32	„
Vitesse de marche, en kilomètres à l'heure	80	80	„
Tension de la vapeur, en atmosphères	10,2	10,2	„
Température moyenne de la vapeur surchauffée, en degrés centigrades	320	„	„
Consommation totale de charbon, en kilogrammes	2 200	2 660	17,3
Consommation totale d'eau, en litres	12 762	16 087	20,6
Charbon consommé :			
par train-kilomètre en kilogrammes	14,43	17,46	17,3
par 1 000 tonnes-kilomètres, en kilogrammes	47	67,7	30,6
par 100 essieux-kilomètres, en kilogrammes	37	54,5	32
Eau consommée :			
par train-kilomètre, en litres	83,7	105,5	20,6
par 1 000 tonnes-kilomètres, en litres	272	440	33,6
par 100 essieux-kilomètres, en litres	215	330	34,9
Distance d'essais entre Haarlem et Le Helder : 76 km. 23.			

Des essais faits avec les locomotives à bogie, les résultats obtenus ont été les suivants pour une période de sept mois :

	LOCOMOTIVES DE LA SÉRIE N° 359 à 408 vapeur saturée	N° 421 à 432 vapeur surch.
Nombre de locomotives-kilomètres	217 815	173 972
Charbon consommé en kilogrammes	2 779 810	1 842 428
Consommation par locomotive-kilomètre, en kilogrammes	12,76	10,50
Economie, en kilogrammes, par locomotive-kilomètre	„	2,17
Economie en pour cent	„	17

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 5 (avril 1909), p. 172; n° 6 (mai 1909), p. 221 et 222; n° 7 (juin 1909), p. 277 à 279.

Enfin des essais ont été faits, pour une période de trois mois, avec des locomotives-tender munies de surchauffeurs. Les résultats en sont indiqués ci-dessous :

	LOCOMOTIVES DE LA SÉRIE	
	N° 701 à 755 vapeur saturée	N° 771 et 772 vapeur surchauffée
Nombre de locomotives-kilomètres	73 953	32 804
Charbon consommé en kilogrammes	850 700	318 480
Consommation par locomotive-kilomètre, en kilogrammes	11,5	9,7
Economie, en kilogrammes, par locomotive-kilomètre	„	1,8
Economie en pour cent (1)	„	15,6

Comme on le voit, les économies réalisées par l'emploi de la surchauffe ont été très importantes.

La consommation en huile des locomotives à surchauffe s'est un peu élevée : elle a atteint 2,48 litres par 100 locomotives-kilomètres, tandis qu'elle n'était que de 2,05 litres pour les locomotives à vapeur saturée.

D'autre part, la puissance développée par les locomotives à surchauffe a été vérifiée et comparée à celle des locomotives à vapeur saturée. La puissance calculée a toujours été reconnue supérieure pour les premières.

L'on peut donc conclure des résultats des expériences que :

1° Une économie importante est réalisée par suite de la surchauffe sur la consommation d'eau et de combustible;

2° Une augmentation importante de la puissance de la locomotive est obtenue, ce qui a permis d'augmenter la charge des trains de 25 %.

Quant aux frais d'entretien, ils ne se sont accrus que dans une très faible mesure : seul le prix d'achat a augmenté légèrement.

F. D.

CHIMIE INDUSTRIELLE

Briquetage des combustibles pauvres et des déchets de combustibles.

L'industrie de l'utilisation des menus de houille ou des combustibles pauvres par transformation en briquettes a pris, depuis quelques années, un très grand développement, principalement aux Etats-Unis, en Angleterre et en Allemagne.

Les principaux avantages de cette fabrication sont : 1° possibilité de convertir en combustibles commerciaux des déchets d'exploitation de mines, le plus souvent inutilisables sous cette forme, et pouvant être une cause de danger, lorsque, mis en tas, ils brûlent d'eux-mêmes par combustion spontanée; 2° Transformation en combustibles utilisables sur place de combustibles pauvres, tels que les lignites, les tourbes qui, dans certaines contrées américaines, recouvrent d'immenses surfaces. Ces lignites étant souvent situées loin des mines de houille ou d'antracite, faciliteraient par leur emploi le développement indus-

(1) La chute de l'économie à 15,6 % doit être attribuée en grande partie aux conditions inhérentes au service des locomotives-tenders, notamment aux courts trajets à effectuer entre de nombreux arrêts, ce qui est moins favorable à l'application de la surchauffe, par suite du refroidissement des éléments du surchauffeur.

triel de ces régions ; 3° production, à partir de charbon bitumineux ou de rebuts de chantiers, d'un combustible pour emplois domestiques capable de concurrencer par son bas prix la houille et l'anhracite. (*The Engineering Magazine*, IV-10.)

Les principales conditions à étudier dans une fabrication de ce genre sont : 1° coût du matériel ; 2° coût de l'agglomérant ; 3° distance du marché de vente des briquettes aux mines de houille les plus proches, distance qui déterminera le prix de vente du combustible riche transporté sur ce marché. La différence entre ce prix et celui auquel revient le combustible pauvre du pays permettra généralement une exploitation rémunératrice du briquetage du combustible pauvre.

L'anhracite maigre, les débris de coke, certains lignites ou houilles ont besoin d'un agglomérant pour être transformés en briquettes. Un grand nombre de produits ont été essayés dans ce but. Les plus employés sont le brai de goudron de houille, très en faveur en Angleterre, en Allemagne et aux Etats-Unis, le brai de goudron de gaz à l'eau, provenant de l'huile de pétrole employée pour enrichir le gaz, et le brai d'asphalte.

Certaines variétés de lignites ou houilles brutes peuvent être transformées en briquettes sans agglomérant. Une briquette de bonne qualité doit avoir une cassure à grains, propre et brillante ; l'arête ne doit pas s'effriter aisément ; la perte au transport doit être inférieure à 2 %. L'accroissement de rendement d'un combustible ainsi transformé peut atteindre 50 %.

P. B.

Nouveau mode de préparation du sulfate d'ammoniaque.

Le procédé utilisé actuellement dans les usines à gaz exige l'achat d'acide sulfurique ; d'autre part, l'acide sulfhydrique fixé dans les épurateurs est à peu près perdu ; enfin le sulfate d'ammoniaque obtenu contient de l'acide sulfurique libre dont l'élimination exige un traitement spécial. Dans le procédé imaginé par M. Burkheiser (1), l'acide sulfurique est obtenu par oxydation de l'acide sulfhydrique fixé dans les épurateurs. L'opération est conduite ainsi : le gaz sortant des cornues traverse une première caisse d'épuration qui retient l'acide sulfhydrique, puis un laveur qui retient l'ammoniaque. Lorsque la matière épurante est saturée d'acide sulfhydrique, on dirige le gaz vers une deuxième caisse d'épuration.

L'acide sulfhydrique de la première caisse est alors oxydé par un courant d'air, d'où production d'acide sulfureux. Cet acide est dirigé vers un laveur où il se dissout en se mélangeant aux eaux ammoniacales. On obtient ainsi, dans les laveurs, après plusieurs enrichissements successifs, une solution de sulfite d'ammoniaque dont une partie est transformée en sulfate par oxydation. On a finalement un sel composé d'environ un tiers de sulfite d'ammoniaque et de deux tiers de sulfate.

Il résulte d'essais culturaux (d'après *der Saaten-Dünger u. Futtermarkt*, VIII, 1911), que ce mélange aurait une valeur fertilisante supérieure à celle du sulfate employé seul ; mais cela demande vérification, et des expériences sont entreprises dans ce but à l'Académie agricole de Poppelsdorf.

M. R.

Imperméabilisation des bétons.

M. Schick ayant constaté que le constituant principal des préparations hydrofuges, vendues à des prix assez élevés, était le savon mou (savon à la potasse), essaya de préparer directement un béton ne se laissant pas traverser par l'eau. Au lieu d'employer de l'eau ordinaire pour le gâchage du mortier, il

ajouta de 3 kg à 4 kg de savon par mètre cube et obtint un béton imperméable, d'après *Beton und Eisen* (3.I.11.)

L'imperméabilisation obtenue semble due à la formation d'un savon insoluble, à la chaux, par lequel se trouvent obstrués les pores du béton.

L. V. B.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Etalon magnétique Cambridge (1).

Cet étalon est principalement employé pour le calibrage des galvanomètres balistiques ; la figure 1 donne le schéma du montage des instruments dans une opération d'étalonnage, et la figure 2 en fait voir l'aspect extérieur.

L'appareil se compose essentiellement de deux bobines fixes ou bobines inductrices et de deux bobines mobiles ou bobines induites.

Les deux bobines inductrices sont reliées à un circuit extérieur comprenant une batterie d'accumulateurs B qui y envoie un courant réglé au moyen du rhéostat R. Ce

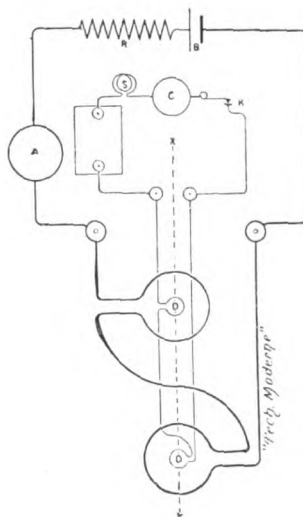


FIG. 1. — Schéma du montage de l'étalon magnétique Cambridge.

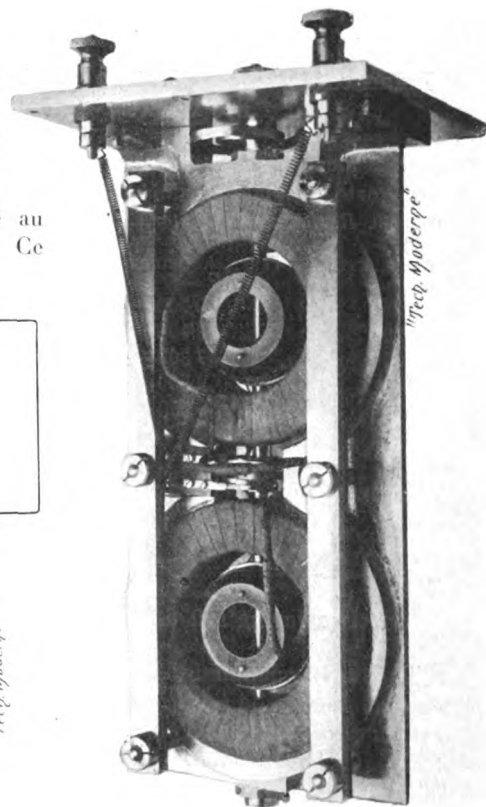


FIG. 2. — Vue de l'étalon magnétique Cambridge.

dernier est constitué d'un gros rhéostat shunté par un autre de grande résistance.

Les bobines DD sont connectées en série, par l'intermédiaire de la clef K, avec le galvanomètre C à calibrer. Une manivelle permet de leur communiquer un déplacement de 180° par rapport aux bobines fixes ; on les cale dans cette position à l'aide d'un cliquet ; lorsque celui-ci est libéré, les bobines mobiles sont brusquement ramenées dans leur position initiale en coupant, dans ce déplacement, le flux des bobines inductrices sous l'action d'un énergique ressort de rappel.

Le courant induit qui en résulte se traduit par une déviation du galvanomètre ; les bobines étant astatiques et le système ne comportant pas de fer, ce courant est toujours proportionnel au courant dans le primaire, que l'on peut mesurer au moyen d'un ampèremètre de construction quelconque.

Pour se servir de l'appareil, il suffit donc d'en connaître la

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 5 (Mai 1911), p. 296.

(1) D'après un modèle ayant figuré à l'Exposition de Bruxelles.

constante k correspondant à une intensité de courant déterminée dans le primaire ou dans les bobines inductrices. Cette constante est indiquée dans le certificat qui accompagne chaque appareil; elle est voisine de 100 000.

Une fois le coefficient connu, le calibrage d'un galvanomètre quelconque s'effectue en montant ce dernier ainsi qu'il est représenté sur la figure 1 (p. 415), et en relevant les déviations obtenues pour différentes intensités de courant dans les bobines fixes.

Q étant la quantité d'électricité en coulombs à mesurer;

k , la constante prémentionnée;

α , le courant nécessaire dans le circuit primaire pour obtenir une déviation d'un degré au galvanomètre;

R , la résistance totale du galvanomètre et de son circuit;

d , le nombre de divisions de la déviation lue au galvanomètre;

On a :

$$Q = \frac{kad}{R - 10^8}.$$

M.

Influence de la température sur la résistance diélectrique des isolateurs de porcelaine.

Des mesures effectuées par M. G. O. Weimer sur une même catégorie d'isolateurs ont donné les résultats suivants, d'après *Electr. Review and Western Electrician* (10.XII.10) :

TEMPÉRATURE	TENSION DISRUPTIVE	TEMPÉRATURE	TENSION DISRUPTIVE
25°	60 700	163°	19 750
50°	60 100	190°	10 500
80°	57 300	218°	4 000
108°	42 500	246°	2 500
135°	30 250	275°	2 000

Au-dessus de 65°, la tension disruptive diminue rapidement; au-dessous de 22°, elle varie très peu.

L. V. B.

HYDRAULIQUE

La transformation de la vitesse de l'eau en pression.

La transformation de l'énergie cinétique de l'eau courante en énergie potentielle par la diminution de la vitesse d'écoulement est un problème que l'on rencontre très fréquemment dans la technique hydraulique. De nombreuses recherches ⁽¹⁾ ont été faites sur les conditions les plus favorables à cette transformation. Les résultats étant peu concordants, M. Andres a repris cette étude au laboratoire de l'École supérieure technique de Hanovre ⁽²⁾ et nous ne retiendrons ici que les conclusions principales de son travail.

Pour transformer sa vitesse en pression, l'eau traverse un tuyau qui s'évase, la vitesse passe alors de $v_{\max}$ à $v_{\min}$. La pression hydraulique augmente donc, par suite du passage dans le tube, de la quantité $\eta \frac{v_{\max}^2 - v_{\min}^2}{2g}$. L'expérience a montré que, pour

un même tube, le coefficient de rendement η est indépendant de $v_{\max}$, du moins pour les vitesses employées de 10 à 40 mètres par seconde, à la condition toutefois que la forme des filets fluides reste la même. Le coefficient de rendement augmente, en effet, avec l'état tourbillonnaire de l'eau, et semble être minimum pour

l'écoulement régulier à filets parallèles. Il dépend en outre de la forme du tube : il est plus grand pour les tuyaux à section circulaire que pour les tuyaux à section quadrangulaire. Les tuyaux de forme conique montrent plus favorables que ceux où la pression croît d'une façon linéaire ou parabolique. Le diagramme (fig. 1) donne une idée de la façon dont varie $1 - \eta$ avec l'angle α du cône et avec le coefficient de frottement f . Pour un coefficient de frottement déterminé, le rendement passe par un maximum pour un certain angle du cône. Ce maximum est naturellement d'autant plus grand et se produit pour un angle du cône d'autant plus petit que le coefficient de frottement est plus faible. Le coefficient de pertes $1 - \eta$ est la somme de deux coefficients de pertes : l'un η_f correspondant aux pertes par frottement dépend de f et de α , et l'autre η_c , correspondant aux pertes dues à l'épanouissement de la veine liquide, dépend seulement de α .

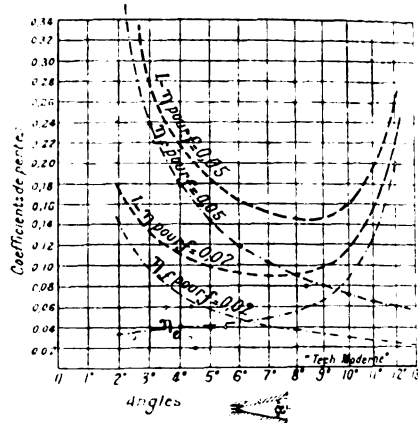


FIG. 1.

L. V. B.

Transmission hydraulique (Système Föttinger).

Les deux difficultés les plus sérieuses de l'application de la turbine à vapeur à la navigation sont l'impossibilité du simple renversement de marche et la nécessité de conserver des vitesses de rotation de 5 à 15 fois supérieures à celles des meilleures hélices.

Le professeur H. Föttinger, ingénieur en chef des chantiers Vulcan, a trouvé à ce problème une solution pratique et écono-

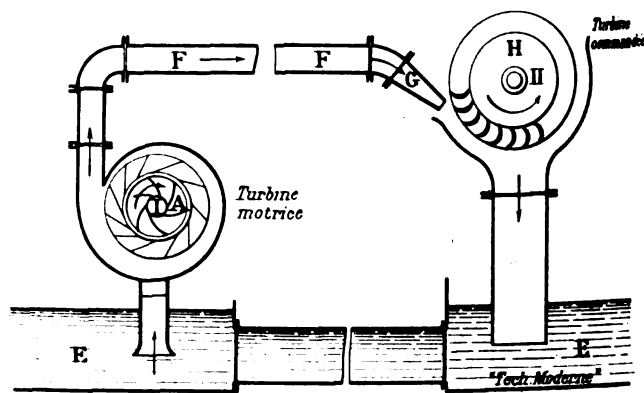


FIG. 1. — Schéma de la transmission hydraulique.

mique dans un nouvel organe de transmission hydraulique dont voici le principe :

Une pompe centrifuge A (fig. 1), montée sur l'arbre I du moteur, aspire l'eau d'un réservoir E et l'envoie, par le tuyau F et la tuyère G, sur les aubes d'une roue Pelton H calée sur l'arbre II de l'hélice, ou plus généralement sur l'arbre à commander. L'eau retombe ensuite dans le réservoir E. On conçoit qu'avec un tel dispositif on puisse, par le choix judicieux des dimensions des deux turbines (pompe centrifuge et roue Pelton), obtenir entre les deux arbres tel rapport de vitesse qu'on souhaitera. Cependant, le rendement mécanique d'une telle transmission

(1) GRASHOF : *Theoretische Maschinenlehre*, t. I, p. 421; WEISBACH : *Experimental Hydraulik*, p. 147; FLIEGNER : *Civilingenieur*, 1875, p. 97; FRANCIS : *Lowell hydraulic experiments*, New-York, 1883, p. 209; BAUNINGER : *Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen*, 1906, p. 22.

(2) *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 17 et 24 septembre 1910.

est faible ⁽¹⁾ — moins de 70 % — et son encombrement est considérable. Les conditions sont toutes différentes avec la transmission hydraulique Föttinger.

Remarquons que, dans le diffuseur de la pompe centrifuge A, on transforme d'abord en pression la vitesse impartie à l'eau, pour faire, dans la tuyère G, la transformation inverse. De plus, une partie du travail, produit dans la pompe A et transmis à l'eau, est absorbée en chemin par le frottement du liquide contre les parois de la conduite et les pertes de charge aux changements de direction, etc.

Ces inconvénients peuvent être évités en juxtaposant les deux turbines comme le fait le professeur Föttinger. Dans son appareil (fig. 2), la turbine A, fonctionnant comme pompe centrifuge, et calée sur l'arbre moteur I, communique une certaine vitesse à l'eau que le distributeur fixe B dirige sur les aubes de la seconde turbine C, calée sur l'arbre conduit II. Par son passage dans le distributeur B, la vitesse de l'eau se trouve modifiée dans le rapport voulu. L'eau sortant de la turbine C est immédiatement reprise par A.

La figure 3 donne un schéma de la transmission hydraulique. Les aubes étant supposées redressées dans un même plan normal à l'axe.

Beaucoup d'autres combinaisons sont possibles; le nombre de turbines secondaires et de distributeurs, notamment, peut être augmenté, ce qui est nécessaire pour les grands rapports de réduction de vitesse. Tel est le cas représenté dans la figure 4 (partie gauche) où la pompe A refoule directement dans la turbine B, dont l'eau passe à un distributeur fixe C pour agir dans une seconde turbine D.

Le rendement mécanique de l'appareil dépend du rapport de réduction. Quand celui-ci ne dépasse pas 1 : 4 ou même 1 : 6 on doit pouvoir facilement obtenir de 80 % à 85 %.

Quant à la manœuvre, et spécialement au renversement de marche, ils peuvent se faire par divers moyens sans changer le sens de rotation de la turbine à vapeur :

- 1° Avoir un cycle séparé pour chaque sens de marche; celui qui est inactif se vide dans un petit réservoir auxiliaire (fig. 4);
- 2° Conserver un seul jeu d'organes mobiles mais avec des

positifs permettront de faire varier le rapport de réduction des vitesses.

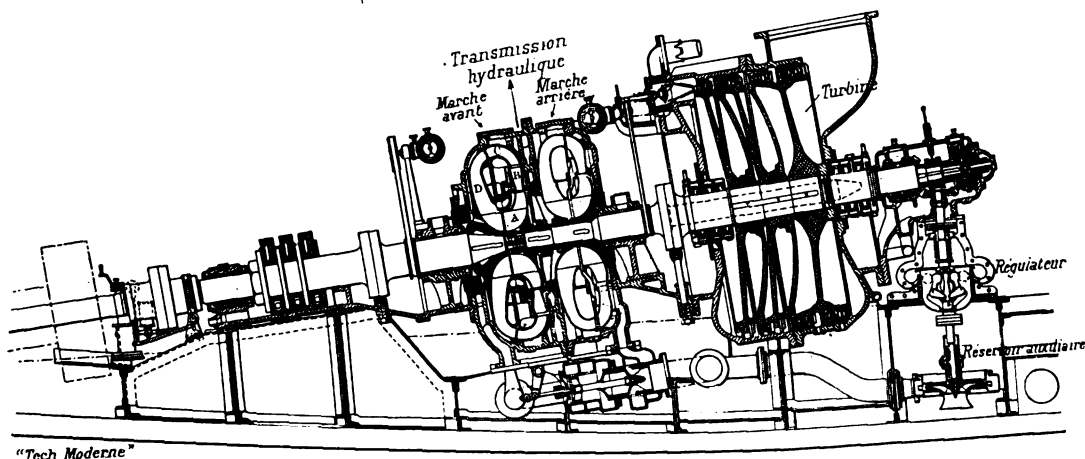


FIG. 4. — Coupe d'une turbine à vapeur.

Des essais ont été faits sur un premier modèle de transmission hydraulique du genre de celui représenté figure 4 et établi pour une puissance de 100 chevaux, une vitesse de rotation de 1 000 tours par minute au moteur et 225 tours sur l'arbre conduit (rapport : 4,5 : 1).

Les résultats de ces essais ont confirmé toutes les hypothèses théoriques. Entre de larges limites de vitesse du moteur, le rendement maximum a été trouvé pour un rapport de réduction de 4,25 : 1. Pour une vitesse du moteur de 1 100 tours et une vitesse de l'arbre conduit de 260 tours, le rendement a atteint 83 %. Il faut signaler les chiffres remarquablement élevés obtenus entre de grandes variations de charge :

Pour	9,5 chevaux au moteur :	rendement 75 %.
—	40	— 80 %.
—	100	— 82,5 %.
—	180	— 83 %.

L. D.

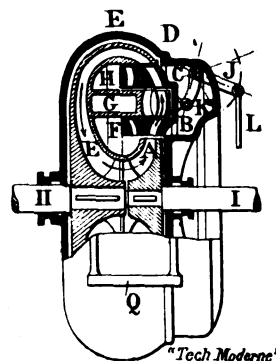


FIG. 5. — Renversement de marche par tiroir.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE

La régulation des turbines à gaz ⁽¹⁾. (Suite et fin).

La firme Deutz ⁽²⁾ (1904), pour éviter cette augmentation de température, diminue, non seulement la quantité de combustible ou celle de combustible et d'air, mais aussi celle de la vapeur, de façon toutefois que le rapport de cette dernière au combustible augmente : la température initiale est, de ce fait, diminuée. On diminue, il est vrai, en même temps la vitesse du jet; Deutz pense que cela n'a pas d'influence défavorable sur le rendement hydraulique, car la vitesse du jet varie proportionnellement à la racine carrée de la température, ce qui rend la variation assez faible; d'autre part, pour la charge normale, on a soin de maintenir la vitesse périphérique de la roue de la turbine, un peu

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 5 (Mai 1914), p. 304 et n° 6 (Juin 1914), p. 370.
(2) *Die Turbine*, 5.20.VIII.1910.

(1) Voir *Power and the Engineer* (12.IV.1910).

au-dessous de la valeur théoriquement la plus favorable, de sorte qu'une certaine diminution de la vitesse de jet serait plutôt favorable. Les turbines mixtes ont un rendement d'autant plus élevé que, pour des rapports déterminés de pression et d'air, l'excès d'air sur la quantité nécessaire à la combustion est plus faible et que la quantité de vapeur par rapport aux produits de combustion

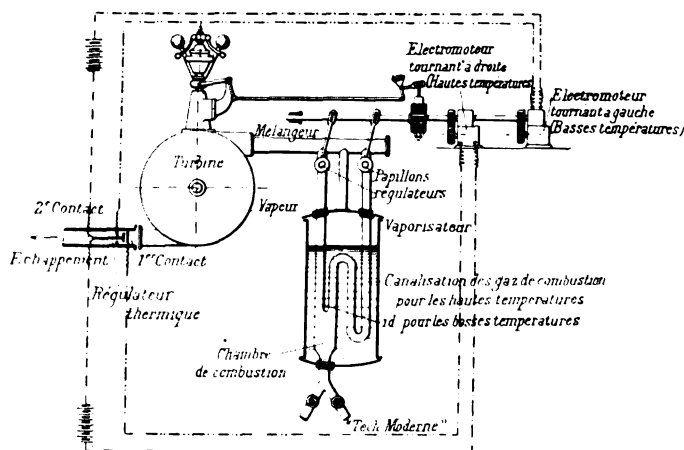


FIG. 10. — Régulation d'une turbine mixte (Système W. Walch et C. Semmler).

est plus grande. L'adduction de la vapeur peut se faire en un endroit quelconque de la chambre de combustion entre le point d'inflammation et la tuyère de détente.

W. Walch et C. Semmler (1904) règlent ainsi qu'il suit la température du mélange dans une turbine, dont la chambre de combustion est plongée dans un récipient à eau servant de vaporisateur : ils augmentent la surface de chauffe du vaporisateur sitôt que la température s'élève et la diminuent aussitôt que la température s'abaisse. Pour cela, comme l'indique la figure 10, un régulateur thermique est placé dans l'échappement de la turbine, et, selon qu'il se dilate ou se rétracte, il ferme un premier ou un deuxième contact. Ceci correspond à la marche d'un premier électro-moteur à droite ou d'un second électro-

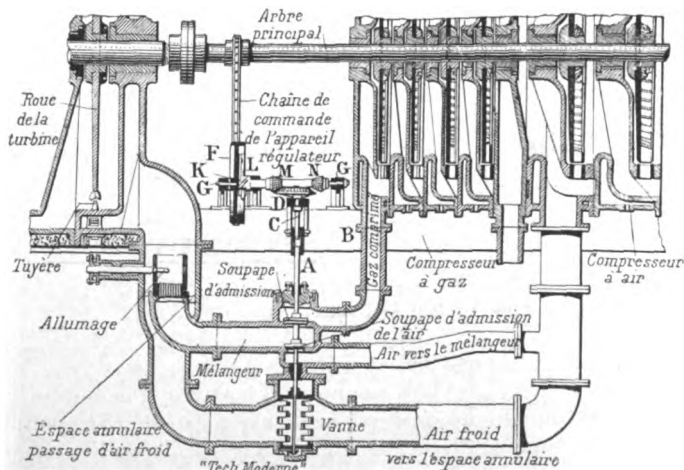


FIG. 11. — Régulation de la température d'admission dans une turbine à combustion (Système Kerr).

moteur à gauche. Dans le premier cas, une tringle commandant deux papillons d'étranglement se trouve vissée à droite de façon que les gaz sortant de la chambre de combustion traversent une canalisation très longue dans le vaporisateur; dans le second cas, au contraire, les gaz de combustion sont forcés de traverser une canalisation très courte dans le vaporisateur. Le régulateur thermique peut être rendu plus ou moins sensible selon la dis-

tance des deux contacts. Un régulateur centrifuge peut en outre faire varier la position moyenne des papillons.

En tous cas, la température des gaz ne suit que lentement la variation de la surface de chauffe, car la température de la masse d'eau doit varier avant que la production de vapeur soit changée.

C. Semmler (1905) a essayé un moyen de régulation un peu plus rapide sur lequel nous n'insisterons pas.

Nous mentionnerons en terminant la solution que Kerr a cherché à donner à la régulation de la température d'admission dans une turbine à combustion.

Pour le refroidissement des gaz, il entoure la flamme elle-même d'air froid, comme le montre la figure 11. Cet air froid, réglé par une vanne, arrive par un espace annulaire, entoure le lieu de combustion qu'il isole des parois et se mêle ensuite aux gaz qui, refroidis, aboutissent à la tuyère et à la roue tangentielle. Ce lieu de combustion est séparé du mélangeur par une toile de sûreté.

Kerr (1905) règle le combustible gazeux, l'air de combustion et l'air de refroidissement par un seul régulateur : les deux soupapes d'admission et la vanne de refroidissement sont solidaires d'une même tringle, qui est élevée ou abaissée au moyen d'un manchon B, selon que la roue fait tourner la tige C à droite ou à gauche. Ce mouvement est obtenu au moyen d'un système MN mobile le long de son axe : l'arbre principal commande, au moyen d'une chaîne, la poulie F et au moyen de cette dernière l'arbre G. A l'intérieur de la poulie F, se trouve un régulateur axial à ressort L qui, par un mécanisme spécial, permet de faire entrer alternativement en action les pignons M ou N.

Cette solution ne semble pas pratique. On peut facilement se rendre compte que, pour obtenir à l'admission une température de 700°, le travail du compresseur à air sera de l'ordre de grandeur de la puissance de la turbine (1).

L. V. B.

Presse pneumatique pour le débridage des ressorts à lames.

Cette nouvelle presse pneumatique se compose d'un bâti formé de deux parties (fig. 1) qui supportent un châssis C et des plaques de guidage B, constituées elles-mêmes par trois pièces rivées. Deux leviers G, articulés, d'une part, en I, et,

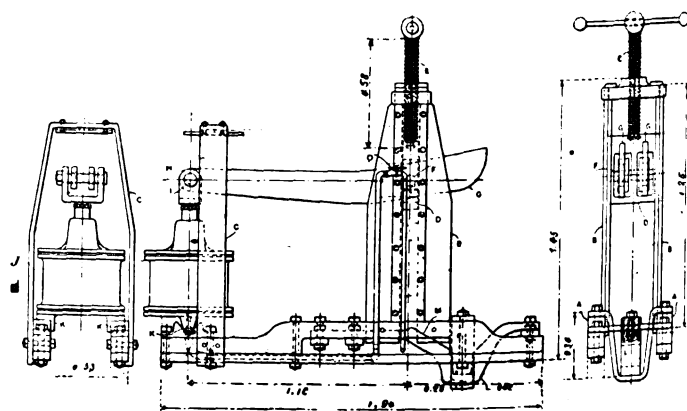


FIG. 1. — Dispositif de la nouvelle presse pneumatique pour le débridage des ressorts à lames.

d'autre part, en F, traversent une espèce de chariot D qu'on peut faire glisser verticalement au moyen d'une vis E, entre les plaques B. Un cylindre à air comprimé J est susceptible de prendre un mouvement d'oscillation autour d'une ligne passant par les surfaces d'appui de deux pièces K qui s'emboîtent dans les

(1) Dans une étude ultérieure seront examinées les solutions récentes apportées, en France, au problème de la régulation. (N. D. L. R.)

rainures du bâti. Enfin, un étrier L, placé à la partie inférieure des plaques de guidage, repose, au moyen d'une traverse coudée, sur le bâti.

On place le ressort à débrider, verticalement, dans l'étrier L; à l'aide de la vis E, on amène les extrémités des leviers G au contact de la bride à extraire et on fait entrer l'air comprimé dans le cylindre. On répète plusieurs fois l'opération, et la bride, sous l'effort des leviers, se détache.

Cette presse a été établie à Springfield, dans les usines Wabash. Elle permet de débrider un ressort de tender en une minute et un ressort de bogie en deux minutes, à partir du moment où l'air comprimé est admis dans le cylindre. E. F.

Dispositif fumivore simple pour foyer de chaudière à tubes de fumée.

Pour réaliser la combustion fumivore de houilles très grasses à flamme fuligineuse, M. W. H. Odell a autrefois imaginé un dispositif fumivore de construction très simple. Cet appareil convient aux chaudières cylindriques à foyer extérieur et retour de flamme par un faisceau de tubes de fumée (Power, 10.I.11).

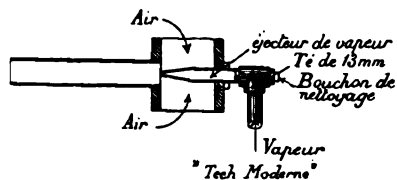


FIG. 1. — Schéma de l'injecteur de vapeur.

La vapeur qui les alimente passe dans un serpentin établi dans le carneau vertical où elle se surchauffe. Le jet d'air peut être orienté à volonté, mais l'inventeur a obtenu les résultats les meilleurs en le dirigeant vers le pied de l'autel, à son intersection avec le plan horizontal supérieur de la grille, comme l'indique la figure 2.

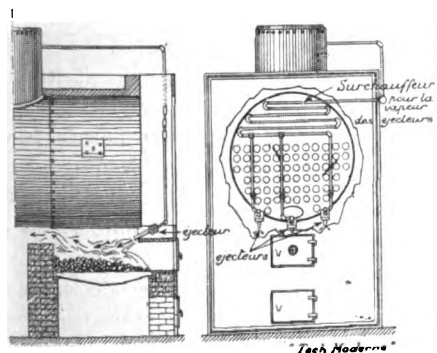


FIG. 2 et 3. — Coupe et vue de face de la chaudière montrant le dispositif fumivore.

Quant à l'air insufflé, il provient du carneau vertical même; ce n'est donc qu'un mélange de gaz brûlés et d'air, mais qui contient suffisamment d'oxygène, à ce qu'il paraît, pour brûler intégralement les éléments volatils de la houille. Ce mélange gazeux se trouve d'ailleurs à une température supérieure à 300° C.

La consommation de vapeur de cet appareil est égale à 1 % environ de la vaporisation totale de la chaudière. Quant à son économie, M. W. H. Odell n'a pas eu l'occasion de la déterminer expérimentalement avec des houilles grasses, mais en brûlant de l'antracite il a constaté un gain de 6 %. L. D.

Machine à emballer automatique.

Cette machine est utilisée par la « Tea Company » de Brooklyn, pour l'emballage des pains de savon. Les pains sont amenés à la machine par une courroie; quand ils sont en face de cette der-

nière, un bras mobile les pousse dans les quatre auges d'une roue circulaire. Dans ce mouvement, ils rencontrent une première bande de papier huilé qui se déroule normalement entre la roue à auges et la ligne des pains, ce qui produit un premier enveloppement; l'emballage complet, qui est formé de deux feuilles de papier, se termine dans une seconde roue analogue à la première et, au moyen d'une seconde bande de papier imprimé, des doigts mobiles à bouts caoutchoutés rabattent et plient les bords des feuilles sur les extrémités des pains. Un dispositif particulier assure le synchronisme parfait de dévidement des deux rouleaux de papier, de manière à n'avoir à craindre ni froissement, ni déchirement des feuilles. Les pains sont ensuite pressés par leurs extrémités, ce qui a pour effet de bien serrer le papier, puis arrivent à la file dans une glissière; quand six pains sont ainsi alignés, le premier appuie sur un déclic qui déplace latéralement la rangée et laisse la place libre pour six autres savons; cette manœuvre est répétée quatre fois, et cinq groupes de vingt-quatre savons sont emballés par un dispositif analogue dans les caisses apportées sur la machine; un convoyeur apporte alors les caisses contenant cent vingt pains sur une table et il n'y a plus qu'à poser les couvercles. La vitesse de la machine est d'environ cent pains par minute. (American Machinist, 22.I.10.)

Pour les savons de toilette, on emploie une autre machine qui débite d'abord la barre cylindrique de savon brut en pains de longueur déterminée, puis donne aux pains ainsi obtenus la forme ovoïde, par écrasement entre deux machines imprimant, en même temps, la marque de commerce et le nom du fabricant. Les savons sont ensuite envoyés à l'emballage et à la mise en boîtes.

P. B.

Outil pour tenir les vis sans tête.

Pour extraire des vis sans tête enfoncées profondément dans leur taraudage, on peut se servir de l'outil représenté figure 1, facile à établir. (American Machinist, 30.VII.10.)

Un bout de tube en cuivre, coupé à la scie et entaillé en V à une extrémité, en forme le corps. Aux deux pointes de l'entaille en V, convenablement aplaties, on rive deux morceaux d'acier à ressort de façon à former un bec dont les deux pointes seront relevées vers l'extérieur pour s'engager dans la fente de la vis.

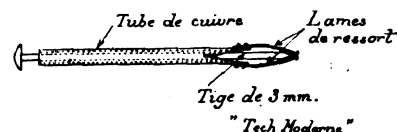


FIG. 1. — Outil pour tenir les vis sans tête.

Dans le tube, on enfonce une tige de 3 mm., affilée de manière à écarter les deux lames du bec quand on appuie sur le bouton terminant cette tige d'autre part. C'est ce qu'on fait après avoir engagé l'extrémité des lames dans la fente de la vis à extraire de son logement.

L. D.

Nouvelle méthode de fabrication des vis.

Le problème de la fabrication économique des vis de tous genres, à métaux et à bois, a reçu une ingénieuse solution de la part de M. George I. Warwick. Les machines qu'il emploie pour cela sont entièrement automatiques. L'une est une machine combinée qui effectue à elle seule toutes les opérations qu'une autre méthode partage entre trois machines de la façon suivante :

La première reçoit le fil-machine, non en verge, mais en bobine. Elle le dresse et le coupe de longueur par cisaillement. Les flans A, saisis par un chuck, sont étirés dans des filières au diamètre voulu de tige et de partie filetée. D'autres finissent la tête et la pointe. La vis sort à l'état B (fig. 1).

Une seconde machine fait la fente par refoulement (état C). Une

troisième lamine le filet. Dans cette opération, il se forme, à la naissance du filet, un léger bourrelet qui est enlevé par un outil spécial de la même surface. La vis sort finie à l'état D.

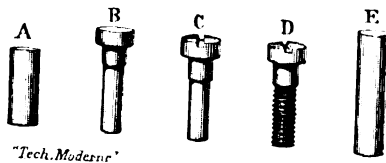


FIG. 1. — Phases de la fabrication des vis par la nouvelle méthode.

L'économie de métal réalisée par ce procédé est presque moitié de la consommation des machines à décolleter. Elle est proportionnellement plus grande pour les longues vis (comparer à cet égard la longueur de verge A nécessaire à la longueur E qu'aurait consommée une machine à décolleter pour produire la même vis).

En outre, des essais faits à l'Université Columbia ont établi que les vis fabriquées par la nouvelle méthode ont en moyenne une résistance à la traction du filet de 17 % supérieure et une résistance à la flexion de 5 % supérieure à celles des vis décolletées.

L. D.

Sur l'emploi des courroies de cuir.

Dans les ateliers, les courroies sont ordinairement appliquées sur les poulies du côté mat ou bourru (côté chair).

Des expériences faites dans des conditions différentes de température, d'hygrométrie et d'efforts ont prouvé à M. Durif qu'on obtient le meilleur rendement en appliquant, contrairement à l'habitude, la courroie sur la poulie par son côté *brillant* ou côté fleur. Ce résultat a été constaté aussi bien avec les vieilles courroies qu'avec les neuves. (*Bulletin Technologique*, XII.10.)

On a pu, en plaçant ainsi les courroies, faire démarrer un moteur d'atelier où toutes les machines étaient en travail, alors que l'on n'avait jamais pu réaliser cette mise en route avec les courroies placées à la manière habituelle.

Quelle que soit l'explication de ce phénomène, le résultat est certain et se traduit par une meilleure utilisation de la force motrice.

L. V. B.

Deux manières de coudre les courroies.

M. William L. Keil indique, dans *Power*, deux manières de coudre les courroies qui lui ont donné satisfaction.

La figure 1 représente une couture par la première méthode :

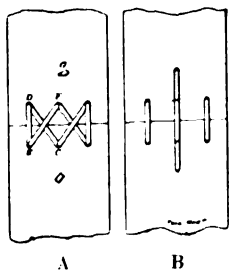


FIG. 1. — Couture de courroies jusqu'à 150 mm de largeur. — A, face externe; B, face interne.

A est le côté externe et, B le côté interne de la courroie. Couper bien d'équerre les lèvres de la couture et percer dans chaque extrémité, parallèlement au bord, une rangée de 3 trous pour une courroie de 100 mm de largeur, ou de 5 trous, pour une courroie de 125

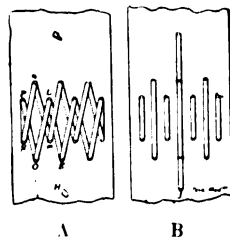


FIG. 2. — Couture de larges courroies. — A, face externe; B, face interne.

à 150 mm, les trous des deux fils se faisant face. Passer dans l'un des trous médians C une lanière jusqu'au milieu de sa longueur; avec l'un des brins coudre : de C en D en dessus, de D en E en dessous, de D en E en dessus, de D en E en dessous, de E en F en dessus, de F en G en dessous; arrêter la lanière par une entaille sur le côté et coudre avec l'autre brin de la même manière. Cette méthode convient pour des courroies jusqu'à

150 mm; cependant, jusqu'à 75 mm de largeur, on remplacera la lanière par du fil métallique doux.

Pour les courroies de plus de 150 mm, l'auteur conseille la méthode de la figure 2 : Deux rangées de trous dans chaque bout de courroie à raison, par exemple, de 4 dans le rang le plus près de la couture et de 3 dans le plus éloigné, pour une courroie de 175 mm (8 et 9, respectivement, pour une courroie de 250 mm).

On passe, comme précédemment, la lanière dans un trou médian K et on l'engage jusqu'en son milieu; puis on lace suivant le chemin : KLM, nOPR — RP (en dessus) — PR (en dessous), nOLm, etc.

On peut également commencer à lacer par un côté, mais le principe est de ne jamais avoir de fil en biais sur la face interne de la courroie.

L. D.

MÉTALLURGIE ET TRAVAIL DES MÉTAUX

Recherches sur la dureté des aciers. Parallèle entre la dureté et la résilience (1).

(Suite.)

3° Influence du recuit et du sens dans lequel s'exerce la pression par rapport à la direction du laminage. — Les conclusions à tirer de ces essais sont les suivantes :

1° Un recuit complet méthodique a pour effet de supprimer les écrouissages de laminage, adoucit l'acier et donne lieu, en général, à un diamètre d'empreinte plus élevé que celui obtenu avant recuit, c'est-à-dire à un chiffre de dureté plus faible.

Il y a donc lieu, avant de comparer entre eux différents aciers au point de vue de leur dureté, de les soumettre à un recuit préalable.

2° Les empreintes exécutées perpendiculairement au laminage sont plus larges que celles exécutées parallèlement au laminage.

Les nombres de dureté correspondant aux premières sont plus faibles que ceux correspondant aux deuxièmes.

Il faudra donc, pour faire des essais comparatifs, bien spécifier le sens dans lequel les empreintes sont faites.

Nous reviendrons sur ce sujet à propos des coefficients de proportionnalité.

3° Que les empreintes soient exécutées perpendiculairement au laminage ou parallèlement au sens de ce laminage; il est indispensable de préciser le diamètre dont la mesure servira de base à l'évaluation de la surface de la calotte sphérique d'empreinte.

Dans une même empreinte, en mesurant un certain nombre de diamètres, on constate que ces diamètres ne sont pas tous égaux et qu'il existe quelquefois entre eux une différence de plusieurs centièmes qui ne peut être uniquement attribuable à une erreur de mesure.

Aciers laminés. — Essais perpendiculaires au sens du laminage.

Dans ces empreintes, les diamètres perpendiculaires au sens du laminage ont été, en général, inférieurs aux diamètres perpendiculaires à ce sens.

Pour certains aciers, cette différence a atteint 5 centièmes d'une façon courante.

Elle semble devoir être attribuée à la différence de résistance du métal dans le sens transversal et dans le sens longitudinal, différence mise en évidence par les essais de traction.

Les deux diamètres, mesurés suivant les bissectrices des deux diamètres précédents, ont toujours été très sensiblement égaux. On voit que, pour ne pas introduire d'erreurs dans l'évaluation du chiffre de dureté, il y a lieu de fixer d'une façon bien précise l'orientation du diamètre dont on effectuera la mesure.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 6 (Juin 1911), p. 373.

Les essais exécutés parallèlement au laminage donnent lieu à des observations analogues.

Aciers en barres cylindriques. — Si l'on exécute des mesures de dureté sur des sections de barres ou lopins cylindriques, on choisira avantageusement comme il suit les diamètres servant à la mesure des empreintes :

Soit les diamètres situés sur le rayon de section passant par le centre de l'empreinte.

Soit les diamètres perpendiculaires aux diamètres précédents.

Dans tous les cas, il sera bon de prendre, comme valeur du diamètre servant de base au calcul de l'empreinte, la moyenne des valeurs des diamètres précédemment indiqués.

Aciers moulés. — Les empreintes exécutées sur des aciers moulés ont été, pour ainsi dire, rigoureusement circulaires.

On ne retrouve plus les différences dans les diamètres signalés pour les aciers laminés.

Dans les aciers moulés il n'y a pas, en effet, l'orientation des molécules qu'on trouve dans les aciers laminés.

Quand on exerce une pression en un point d'un acier moulé, il y a égalité de résistance de l'acier dans toutes les directions émanant de ce point.

Conclusions. — En adoptant les conditions d'expériences que nous avons définies, nous éliminons les divergences et les erreurs pouvant provenir d'un manque de méthode et d'uniformité dans l'exécution des essais.

Nous nous trouvons donc seulement en présence des erreurs du premier groupe, erreurs qui se traduisent finalement par une modification du diamètre de l'empreinte.

En résumé, avec des appareils analogues à ceux que nous avons décrits, dans les conditions précédemment définies, l'erreur maximum, en valeur absolue, pouvant être commise sur le nombre de dureté, est inférieure à 5 unités Brinell.

Si donc N est le nombre exact de dureté, correspondant à un acier déterminé, $N \pm 5$ représente les variations imputables aux erreurs expérimentales.

Deux nombres de dureté relatifs à deux empreintes exécutées sur un même acier parfaitement homogène, ne devront pas différer de plus de dix unités.

Les différences supérieures à 16 devront être attribuées à une variation dans la répartition des constituants du métal.

On a ainsi entre les mains un procédé précieux pour contrôler l'homogénéité d'un métal déterminé.

Telle est la conclusion importante qui se dégage de cette première partie de l'étude entreprise.

(A suivre.)

Capitaine GRARD,

de l'Atelier de Construction de Puteaux.

L'acier au manganèse.

L'acier au manganèse fut fabriqué pour la première fois avec succès par Hadfield en Angleterre, il y a environ trente ans, et fut connu alors sous le nom d'acier Hadfield. Aux Etats-Unis, il fut produit d'abord par la Taylor Iron and Steel Co, de High Bridge. Il y a environ six ans, d'autres aciéries en tentèrent également la fabrication, mais elles la trouvèrent si difficile que très peu l'ont continuée. En fait, en dehors des établissements mentionnés précédemment, le seul producteur important est l'Edgar Allen American Manganese Steel Co.

L'acier au manganèse peut être défini par les teneurs limites suivantes :

Manganèse	11,00 à 15,00 %
Carbone	1,00 à 1,20
Silicium	0,25 à 0,40
Phosphore	0,06 à 0,11
Soufre	0,02 à 0,06
Fer	le reste.

L'acier au manganèse courant contient environ 1 % de carbone et les proportions de manganèse indiquées ci-dessus. Un excès de carbone ou une insuffisance de manganèse rendent l'acier fragile.

On connaît la dureté considérable de ce produit qui lui donne une durée plusieurs fois égale à celle de la fonte dure. Cette résistance à l'usure semble due à la propriété qu'a l'acier au manganèse de supporter des déformations répétées, en sorte que l'usure ne fait que déplacer les molécules d'un point à un autre sans les détruire. Cet acier est très sensible à l'action de la chaleur. D'après les aciéries Edgard Allen, les moulages d'acier au manganèse chauffés seulement à 200°C perdent de façon très notable de leur résistance et de leur ténacité; si même des moulages ont une forme irrégulière, ils ne résistent pas à cette température et les aciéries recommandent de ne jamais faire subir de traitement thermique aux pièces livrées par elles. Cet acier n'est pas susceptible d'aimantation permanente; aussi l'emploie-t-on dans les appareils de levage par électro-aimants. Quant à sa résistance à la traction, elle était au début, d'après les déterminations de Hadfield, de 103 kg par mm² avec un allongement de 50 %. Le métal commercial a aujourd'hui une résistance moyenne de 58 kg, une limite élastique de 37 kg et un allongement de 30 %. Le métal forgé donne de meilleurs résultats, mais on en produit actuellement très peu.

La fabrication de cet acier est tenue secrète; il est principalement composé d'un mélange de riblons et de fonte en gueuses, fondu dans un cubilot ordinaire et affiné au Bessemer. Le manganèse fondu à part, dans des creusets en graphite, est ajouté dans la poche de coulée, après enlèvement de la scorie. Le moulage se fait dans des moules ordinaires en sable. L'une des difficultés dans la fonderie de l'acier au manganèse est le retrait excessif de ce métal, retrait qui atteint environ 25 mm par mètre. Toutes les poches de coulée, ainsi que les moules, sont tenus très chauds, de manière à ne pas tremper le métal avant la coulée, car autrement on n'aurait pas un moulage homogène. Après le moulage, les pièces sont soumises à un traitement thermique avec immersion dans l'eau, traitement dont les détails sont rigoureusement tenus secrets.

On sait l'impossibilité d'usiner l'acier au manganèse autrement que par moulage; aussi, lorsqu'il est nécessaire d'avoir des parties usinées, par exemple, alésées, etc., on est obligé de noyer dans les moulages d'acier au manganèse, des manchons ou autres pièces en acier doux.

Les ingénieurs de chemins de fer avaient l'idée préconçue que l'acier au manganèse ne résiste pas aux chocs; des expériences, faites sur un croisement de voies, ont établi le contraire. Ce croisement qui pesait environ 360 kg a été soumis aux chocs répétés de moutons pesant de 570 kg à 1 140 kg tombant de hauteurs variant de 91 cm à 10, 40 m; cette pièce a reçu 165 coups sans subir de fracture. Aujourd'hui, il y a des centaines de croisements de voies en acier au manganèse, en service en Amérique. On en compte notamment 200 au terminus du Northwestern à Chicago.

L. D.

Réduction directe du minerai de fer au four électrique.

M. C. Arnou a publié dans la *Revue de Métallurgie* (XII.1910) une intéressante note sur la réduction directe du minerai de fer au four électrique. Il donne les résultats d'expériences faites, par M. Neveu et par lui, dans les usines de la Société « Néo-Métallurgie ».

Le four Chaplet-Néo-Métallurgie, employé pour ces essais, est un four à arc où le courant arrive par une ou plusieurs électrodes verticales et s'en va par une ou plusieurs prises de courant redressées, hors du jour, avec connexion au-dessus du niveau du bain. On charge, dans ce four, les éléments d'un laitier approprié et le mélange de minerai et de charbon en proportions conve-

nables. Il se produit, d'abord une réduction de l'oxyde de fer, puis, au voisinage de l'arc, une fusion du métal qui filtre à travers la masse et se réunit sur la sole du four. On obtient finalement un bain de fer, surmonté d'une couche de laitier très pauvre en oxyde de fer (moins de 8 % en marche normale). Plusieurs essais ont été effectués aux diverses matières premières prises sous différents états physiques. Il résulte des expériences qu'il est possible de traiter au four électrique du minerai pulvérulent, et que le combustible qui convient le mieux pour la réduction est l'antracite (la consommation d'antracite était de 271 kg par tonne de fer).

On obtient finalement des aciers doux, qu'un système d'évacuation des laitiers permettrait de rendre très pauvres en soufre. Par des additions et des modifications dans la teneur en carbone de la charge, on fait varier aisément le produit obtenu. Il résulte également de ces expériences que la nature du courant n'a aucune importance; on peut compter, pour un grand four, sur une dépense d'énergie de 2 500 kw-h par tonne de fer. M. Arnou donne divers prix de revient qui oscillent, suivant le prix de l'énergie électrique et l'emplacement des usines, entre 92 fr et 172 fr par tonne de fer.

Il conclut que ce procédé serait avantageux : 1° pour certaines mines de fer situées en pays montagneux où les chutes d'eau sont abondantes. On fabriquerait ainsi, sur place, les lingots de fer que l'on expédierait à des usines de traitement; 2° Pour la fabrication des fers purs, obtenus en partant de matières premières très pures (dans des centres industriels où l'énergie électrique peut être produite à bon marché); 3° enfin, pour les petits ateliers dont les débouchés ne dépassent pas 1 t ou au plus 2 t par jour.

L'outillage d'une usine sidérurgique américaine à grande production.

L'usine « South Works of the Worcester » de l'« American Steel and Wire Company », qui fabrique elle-même l'acier qu'elle lamine et tréfile ensuite, possède un outillage très moderne, adapté aux nécessités d'une production intensive. Nous donnons les quelques renseignements à ce sujet d'après l'*American Machinist*.

Le chargement des fours Martin se fait automatiquement et commodément au moyen d'une chargeuse Wellman-Seaner, circulant sur rails le long des fours. Un seul homme en assure le fonctionnement. Des récipients en tôle contenant environ 350 kg sont amenés par des wagonnets jusqu'à la chargeuse, qui les saisit et déverse leur contenu dans le four.

Le démoulage des lingots d'acier s'effectue de même automatiquement : les lingotières, placées sur des wagonnets, sont accrochées par leurs oreilles et enlevées, pendant qu'un piston maintient les lingots en place. Encore rouges, les lingots démoulés sont emmenés aux pits, puis à un laminoir réversible qui réduit leur section de 112 cm² à 25 cm². Les lingots vont et viennent de part et d'autre du laminoir sur des rouleaux mus hydrauliquement. L'écartement des cylindres après chaque passe est produit par le jeu d'une crémaillère à commande hydraulique, qui engrène une roue dentée horizontale située au-dessus de la cage; cette roue agit sur les vis de réglage de l'écartement par l'intermédiaire de deux pignons. Une échelle numérotée placée derrière la crémaillère indique la section correspondant à l'écartement des cylindres.

Les billettes obtenues subissent une nouvelle réduction de section (2 cm de diamètre), puis sont rechauffées et conduites dans des canaux jusqu'à un train continu à grande vitesse, qui achève le laminage en donnant la section voulue pour le tréfilage. Enroulées automatiquement, les bobines sont de même convoyées à l'atelier d'étirage.

Ce qu'il y a de particulier, c'est un dispositif commode pour produire un premier tréfilage du fil de chaque bobine à lon-

gueur nécessaire pour assujettir ce fil sur la poulie autour de laquelle il doit s'enrouler. Ce dispositif consiste en une barre, courant le long du banc sur trois poulies, et mue horizontalement par des bras sortant du plancher. Le fil, préalablement aminci à l'extrémité, est engagé dans le trou de la filière, et fixé ensuite après un crampon mobile le long de la barre sur laquelle l'ouvrier peut l'immobiliser au moment voulu au moyen d'une pédale; le fil est ainsi étiré par la barre de la longueur de sa course et peut être ensuite enroulé sur la bobine pour continuer l'opération.

V. B.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Variations du coefficient de transmission thermique avec la longueur d'un tuyau.

M. Nusselt a montré par le calcul (*) que le coefficient de transmission thermique de la paroi d'un tuyau parcouru par un fluide dépend de la longueur de ce tuyau.

A l'entrée du fluide dans le tuyau, le coefficient de transmission thermique a une valeur maximum qui dépend de la répartition de la température dans la section d'entrée. Ce coefficient diminue avec la longueur du tube parcourue et tend vers une valeur indépendante de cette répartition de la température.

Considérant, en particulier, un fluide de conductibilité calorifique λ , traversant un tube de rayon r avec une vitesse inférieure à la vitesse critique déterminée par Osborne Reynolds, on trouve que le coefficient de transmission thermique α serait infiniment grand à l'entrée dans le tuyau pour le cas idéal d'une répartition parfaitement régulière de la température dans cette section d'entrée. Il décroît lorsque la longueur du tube parcourue augmente et tend vers une valeur indépendante de la vitesse, de la densité et de la chaleur spécifique du fluide :

$$\alpha_{\min} = \frac{\lambda}{r} 2,576.$$

La valeur de α diffère d'environ 1 % de $\alpha_{\min}$ pour une longueur du tube égale à :

$$x = 0,20 \frac{c v r^2}{\lambda},$$

où c désigne la chaleur spécifique du fluide et v sa vitesse axiale moyenne. Pour des longueurs supérieures du tube, α reste pratiquement constant.

L'expérience confirme d'une façon satisfaisante ces résultats théoriques.

L'allure du phénomène, quoique moins simple, est analogue pour des vitesses supérieures à la vitesse critique. On sait que, dans ce cas, les particules fluides ne se meuvent plus parallèlement à l'axe; le mouvement est turbulent.

Dans les recherches effectuées jusqu'alors sur la transmission thermique, on n'avait pas tenu compte de l'effet de la longueur du tuyau et c'est à cette raison qu'il faut, sans doute, attribuer la grande discordance des nombres donnés par Joule, Ser, Stanton.

Les résultats précédents ont une application technique immédiate, lorsque, par exemple, il s'agit de faire céder par un fluide chaud de la chaleur à un fluide froid. Pour cela, on se sert ordinairement d'un faisceau de tuyaux parallèles; ces derniers sont parcourus intérieurement par l'un des fluides et l'échangent extérieurement par l'autre. On voit qu'il est avantageux d'employer des tubes assez courts, puisque le coefficient de transmission diminue lorsque la longueur du tube augmente. Le fluide, avant son entrée dans le tube refroidisseur, doit être mélangé aussi bien que possible, de façon à approcher de la répartition radiale régulière de la température et à augmenter la valeur maximum de α . Les tuyaux

(1) *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 9.VII.10.

doivent être aussi étroits que possible, car α est inversement proportionnel au diamètre du tube au-dessous de la vitesse critique et à sa puissance 0,214 au-dessus de cette vitesse. Si les vitesses des deux fluides sont inférieures à la vitesse critique, on fera passer le fluide de plus faible conductibilité calorifique dans l'espace situé entre les tuyaux, espace qu'on rendra aussi petit que possible. Ces résultats peuvent être utilement appliqués au refroidissement de l'huile des paliers de turbines à graissage sous pression, aux refroidisseurs de moteurs d'automobile ou d'aviation, etc.

L. V. B.

TEINTURE ET IMPRESSION

Nouveaux procédés de teinture et d'impression.

BLANCHIMENT DES TISSUS DE COTON. TACHES D'HUILE MINÉRALE. — M. Albert Scheurer (Société industrielle de Mulhouse, séance du 1^{er} février 1914) fait ressortir les inconvénients et les pertes considérables subies par les imprimeurs (en particulier à façon) du fait de taches d'huile minérale provenant des tissages et résistant aux meilleurs blanchiments. Il expose l'état actuel de la question :

Ces taches peuvent nuire : 1° par l'imperméabilité qu'elles confèrent aux tissus, ce qui les fait apparaître en réserve blanche après teinture ou impression ; cette imperméabilité est due à la paraffine dissoute dans l'huile ; 2° par une coloration jaune sale très solide, résistant à tous les traitements provenant d'un colorant qui se trouve dans certaines huiles minérales et non étudié encore. Ces deux inconvénients peuvent être constatés simultanément et séparément.

La séparation complète de la paraffine des huiles minérales est un problème encore non résolu, le froid ne permettant de séparer, par congélation, que les paraffines d'un point de fusion élevé ; cette purification, par le froid, est fonction de la température employée ; en général, elle n'est pas appliquée aux huiles de graissage industrielles.

Il est probable qu'une addition d'huile végétale à l'huile minérale restera nécessaire comme seul moyen garantissant l'émulsionnement et l'élimination du blanchiment de la paraffine et des colorants de cette huile minérale, et soit dans la proportion de 75 d'huile de colza pour 25 d'huile minérale. Une nouvelle étude de la question permettra sans doute de diminuer la proportion d'huile végétale et d'abaisser ainsi le prix résultant ; mais, de toute façon, le supplément de dépense que l'emploi d'huile végétale occasionne pour le tisseur est négligeable vis-à-vis des économies qu'il fera réaliser à l'imprimeur ; d'où nécessité d'une entente dont s'occupe la Société industrielle de Mulhouse.

Il ressort aussi de certaines constatations que, pour un même tissage, on trouve certains lots tout à fait exempts de taches, à côté d'autres qui en sont maculés. Il en résulte que ces taches sont dues aussi parfois à un travail négligé et qu'on pourrait les éviter avec des soins.

J.

USINES (ORGANISATION SYSTÉMATIQUE DES)

Résultats de la réorganisation d'une manufacture canadienne d'armes à feu.

Le diagramme représenté figure 1 montre les changements survenus, en vingt mois, dans la production d'une manufacture canadienne d'armes à feu, grâce à une réorganisation systématique et moyennant une très faible augmentation des salaires.

Bien que parfaitement équipée et installée, cette manufacture ne donnait pas satisfaction à son propriétaire, Sir Charles Ross, qui fit appel au concours d'un spécialiste pour la réorganiser.

Voici les mesures prises par celui-ci, M. Frédérick-A. Waldron (1), et les résultats qui s'ensuivirent.

Mesures prises :

- 1° Suppression du bureau d'établissement des prix de revient, qui accusait des bénéfices là où il n'y en avait pas ;
- 2° Suppression de tous les non-producteurs possibles ;
- 3° Réorganisation de quelques ateliers de mécanique ;
- 4° Etablissement du travail aux pièces basé sur une sérieuse étude du temps nécessaire à la production de chacune ;
- 5° Etude des vitesses et des avances propres à donner le maximum d'économie ;
- 6° Direction unique pour la préparation du travail et son acheminement vers les diverses opérations ;
- 7° Institution d'un chef responsable à la tête des services des machines, de la production, de l'inspection et de la comptabilité ;
- 8° Réorganisation des méthodes de délivrance et d'emploi des outils en vue d'un travail productif ;
- 9° Système de lettres d'instructions aux chefs de division ;
- 10° Système d'autorisations pour contrôler les dépenses ;
- 11° Méthode de magasinage simple et précise ;



FIG. 1. — Graphique montrant le rapport des salaires à la production en 1907 et 1909, avant et après la réorganisation systématique d'une manufacture d'armes à feu, commencée en mars 1908.

Salaires : production = en 1907, 1 : 1.33 ; en 1909, 1 : 3.

- 12° Système de bonifications (primes) aux chefs de division et contremaîtres ;
 - 13° Bilan mensuel exact de la production ;
 - 14° Méthode simple de comptabilité ;
 - 15° Système de contrôle du temps et de feuilles de paye avec analyse des frais ;
 - 16° Méthode de calcul des prix de revient sans trop d'écritures ;
 - 17° Système d'agendas pour les bureaux et ateliers.
- Résultats obtenus, au point de vue du personnel :
- a) Les contremaîtres et ouvriers n'ont plus à rédiger aucune note au crayon ;
 - b) Toute baisse de production est immédiatement révélée ;
 - c) En précisant la part de responsabilité de chacun, le système exerce sur le personnel une pression constante ;
 - d) Les faits exceptionnels seuls sont portés à l'attention du chef de division ;
 - e) On connaît toujours l'endroit précis de l'atelier où se trouve une pièce en usinage, et l'on n'a pas besoin de le rechercher de tous côtés ;
 - f) Tous les frais à porter en compte sont correctement évalués ;
 - g) Les renseignements relatifs aux prix de revient sont connus sans frais supplémentaires ;
 - h) Le contrôle de l'ordre des travaux est complet ;
 - i) Les excuses pour retard, etc., ne sont plus admissibles ;
 - j) Les retards sont facilement localisés ;
 - k) Le travail d'écritures est réduit au minimum.

Le total des appointements du personnel aux écritures n'est plus que les 2/100 de la paye hebdomadaire, y compris les appointements des chefs de division et contremaîtres. Cette réforme a été appliquée à un personnel comptant 375 employés et ouvriers.

L. D.

(1) *American Machinist*, 16.IV.10.

NOTES DE MÉCANIQUE ET DE PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Rendement pratique des souffleries à vapeur. — L'alimentation automatique. — Un nouveau système de valve. — Joint de dilatation pour conduites.

Rendement pratique des souffleries à vapeur. — Les éjecteurs à vapeur sont très employés pour souffler de l'air dans les cendriers des foyers; étant donnée leur simplicité d'application pratique, on néglige trop souvent de s'enquérir de leur rendement, qui est fréquemment très mauvais. Or, ce rendement qui n'est jamais énorme est, par contre, considérablement affecté par la variation de certains facteurs, tels que la distance entre l'ajutage et le convergent, la longueur du diffuseur, etc., auxquels on n'attache à tort aucune importance en pratique.

Voici les résultats de recherches que nous avons exécutées sur un certain nombre de souffleries de foyers. L'expérimentation a été faite au moyen du dispositif que représente la figure 1.

Les éjecteurs en essai, montés sur un pied mobile, pouvaient à volonté être rapprochés ou éloignés du convergent de la trompe, fixée sur la chambre de mesures.

Celle-ci était constituée par une simple boîte d'environ 1,5 m³ de volume, dans laquelle un diffuseur en V amortissait la vitesse du

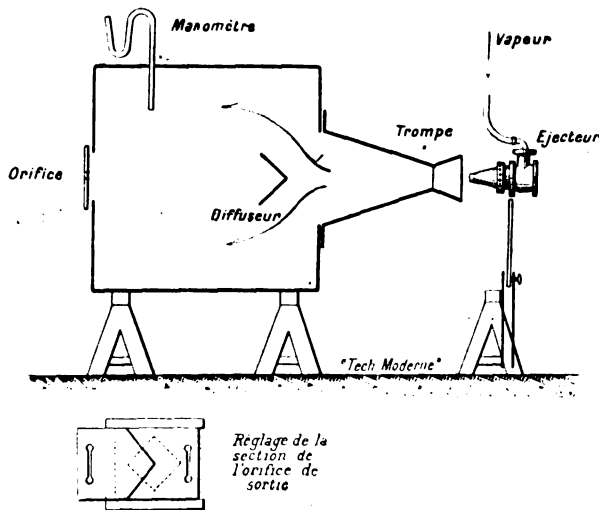


FIG. 1. — Station d'expériences pour l'essai des souffleries à vapeur.

mélange d'air et de vapeur sortant du divergent de la trompe, ce qui égalisait la pression; cette pression statique était mesurée par un manomètre très sensible, et l'orifice de sortie, permettant d'évaluer le débit, était constitué, comme le montre la figure, par une coulisse réduisant la section, tout en conservant la même forme à l'orifice.

Les mesures étaient essentiellement comparatives, c'est-à-dire qu'on n'a pas cherché à établir le rendement absolu, mais la disposition éjecteur-trompe assurait l'entraînement du maximum d'air. Dans ces conditions, au lieu de rechercher le débit de vapeur propre, on a admis, ce qui est sensiblement exact, que ce débit était représenté par la quantité d'eau débitée sous pression constante par l'éjecteur.

D'autre part, la mesure du débit d'air se fait aisément, au moyen de l'expression connue :

$$v = \sqrt{\frac{2gH}{\delta}}$$

et en tenant compte du coefficient de contraction pour évaluer le débit en partant de la vitesse. Enfin, pour se rapprocher davantage des conditions de la pratique, la section d'écoulement était choisie équivalente à celle d'une grille, de sorte que la trompe et l'éjecteur avaient à travailler contre une pression statique analogue à celle qu'on trouve dans les cendriers des grilles soufflées.

Suivant les combustibles, le type de grille, l'allure de combustion, la résistance de la grille varie entre 5 mm et 20 mm d'eau : le calcul montre que les orifices équivalents correspondant à ces pressions sont respectivement de 2,23 dm² et 1,11 dm²; les trompes furent essayées avec des orifices de sortie de la caisse compris entre 0 et 4 dm².

Nous ne pouvons publier tous les détails de cette série d'expériences, d'ailleurs fort intéressantes, qui montrent qu'un seul facteur, longueur, évasement ou diamètre de la trompe, éloignement de l'ajutage, etc., affecte considérablement le résultat. Nous indiquerons, toutefois, les résultats d'un essai favorable, qui montre ce qu'est le fonctionnement des souffleries de foyers bien étudiées et judicieusement employées (tableau I).

La trompe était convenablement proportionnée, d'une longueur de convergent de 200 mm et d'une longueur de divergent de 500 mm; l'éjecteur était placé à 50 mm en arrière du convergent.

TABEAU I.

PRESSION manom. de vapeur à l'éjecteur	DÉBIT correspondant de vapeur	SECTION orifice de sortie du mélange d'air et vapeur	PRESSION II dans la caisse	DÉBIT d'air	DÉBIT d'air par unité de vapeur
kg : cm ²	l : sec.	dm ²	mm d'eau	l : sec.	l : sec.
1 kg	5,44	0	7,32	0	0
		0,23	6,72	24,7	4,54
		0,53	5,76	54,0	9,90
		0,96	4,44	85,5	15,7
		1,40	3,48	109,5	20,1
		1,91	2,58	128,8	23,7
		3,00	1,32	144,5	26,6
		3,93	0,84	151,0	27,8
2 kg	10,88	0	13,8	0	0
		0,23	12,5	33,7	3,1
		0,53	10,73	73,7	6,77
		0,96	8,33	117,0	10,75
		1,40	6,48	149,5	13,7
		1,91	4,86	176,0	16,15
		3,00	2,58	203,0	18,60
		3,93	1,74	218,0	20,0
3 kg	16,32	0	20,0	0	0
		0,23	18,1	40,7	2,49
		0,53	15,7	89,3	5,46
		0,96	12,35	142,0	8,7
		1,40	9,35	179,5	11,0
		1,91	7,00	212,0	12,95
		3,00	3,84	247,0	15,15
		3,93	2,46	258,0	15,80

Les essais indiquent, par ailleurs, que les variations dans la forme de l'ajutage n'ont qu'une influence insignifiante sur le rendement, alors qu'au contraire le moindre changement dans les proportions de la trompe, surtout dans celles du divergent, a une répercussion sensible sur le rendement.

Les chiffres que présente le tableau I confirment ce que la théorie indique *a priori*, à savoir que le rendement baisse à mesure qu'augmente la pression à l'ajutage et que, toujours, le rendement est très faible : on peut calculer d'après les chiffres précédents, qu'il n'atteint pas 1 %.

La pratique courante confirme également ces résultats; on sait, qu'en effet, les souffleries de vapeur consomment environ 10 % de la vapeur formée, pour créer sous grille une pression de 10 à 15 mm.

Pour produire 1 000 kg de vapeur à l'heure, on consommera ainsi à l'éjecteur 100 kg-heure, soit $650 \times 100 = 65\,000$ calories environ.

Dans une machine à vapeur de 12 % de rendement, ces calories représentent un travail mécanique de :

$$65\,000 \times 425 \times 0,12 = 3\,315\,000 \text{ kgmt.}$$

Or, pour produire 1 000 kg de vapeur avec un chiffre de vaporisation de 7, il faut brûler 145 kg de charbon, soit déplacer un volume d'air de :

$$145 \times 15 = 2\,175 \text{ m}^3.$$

Le travail utile du souffleur, en admettant que ce débit soit fourni sous la pression de 15 mm, est :

$$2\,175 \times 15 = 32\,625 \text{ kgmt},$$

soit un rendement

$$\rho = \frac{32\,625}{3\,315\,000} = 0,0098.$$

Le rendement mécanique relatif de la soufflerie est donc juste de 1 % ! Quant au rendement absolu, rapport des kilogrammètres utiles aux kilogrammètres dans la vapeur (soit 650 calories $\times$ 425 kgm), il ne serait que de 0,0013, soit 1/10 % environ !

L'alimentation automatique. — L'intérêt de l'alimentation automatique des chaudières est reconnu aujourd'hui par tout homme de métier ; les alimentateurs automatiques sont fort nombreux, mais ils ne résolvent pas tous le problème de façon satisfaisante.

Parmi ceux que nous avons été à même de voir fonctionner convenablement, nous décrivons l'appareil de Schiff et Stern qui, pratiquement, a l'intérêt de ne posséder ni flotteur, ni membrane, ni piston, ni diaphragme, ni étrangleur de l'alimentation, c'est-à-dire aucun organe auxiliaire délicat.

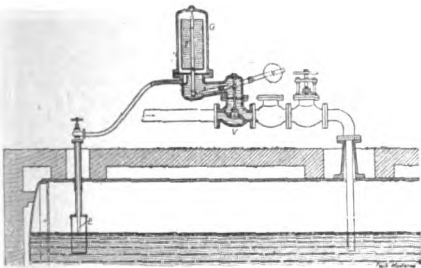


Fig. 1. — Alimentateur automatique système Schiff et Stern.

Ce régulateur se compose essentiellement d'un clapet sur l'alimentation V, commandé par un levier H que sollicite dans un sens un contre-poids K, et dans le sens opposé un récipient T rempli d'eau. Ce ré-

ceptacle est susceptible de coulisser à l'intérieur d'une capacité G qui peut être soit pleine d'eau, soit vide.

Cette capacité, en communication avec le générateur, se trouve être remplie quand le tube E est sous l'eau ; quand le niveau baisse, au contraire, la capacité se vide.

Le fonctionnement est alors aisé à comprendre : tant que le récipient G est plein d'eau (c'est-à-dire tant que le niveau est normal), le récipient T est noyé ; par conséquent le contre-poids K l'emporte, maintenant le clapet d'alimentation fermé. Quand le niveau baisse, et que le tuyau E est découvert, l'eau s'écoule de la capacité G, mais reste dans le récipient T : celui-ci l'emporte alors sur le contre-poids K, et le clapet d'alimentation s'ouvre.

Nouveau système de valve. — Une nouvelle valve, du système Ferranti, réalise un perfectionnement sensible dans les vannes et clapets d'arrêt pour tuyauteries de vapeur.

Cette vanne (fig. 1) est une application directe des lois de l'écoulement des fluides, et se compose d'un divergent-convergent (tube de Venturi) avec une vanne à guillotine à l'étranglement, sur l'orifice de plus petite section.

On sait que l'épanouissement d'une veine de fluide se fait sous un angle de 7°, et que la perte de charge de frottement, si l'on observe cette condition, est sensiblement nulle ; la vanne Ferranti, en s'inspirant de ces considérations rationnelles, présente une résistance supplémentaire par son insertion dans la conduite, absolument insignifiante, et infiniment moindre que celle d'une vanne ordinaire, où les remous et les changements brusques de direction sont considérables.

La réduction de la section d'écoulement présente de grands avantages pratiques : diminution des chances de fuites, le périmètre du clapet étant beaucoup moindre, diminution également des chances de gauchissement par dilatations en présence de vapeur fortement surchauffée, diminution de l'effort de manœuvre, ouverture aussi progressive qu'on désire, supprimant ainsi les battements et vibrations dans la conduite, etc.

Joint de dilatation pour conduites. — Avec l'emploi de la vapeur surchauffée, le problème des joints de dilatation est l'un des plus difficiles à résoudre.

La plupart du temps, les boucles manquent d'élasticité, et, malgré les plus ingénieux cols de cygne, les ruptures aux brides sont fréquentes ; les joints à presse-toupe ont trop souvent une

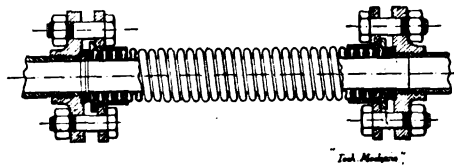


Fig. 1. — Joint de dilatation à spirale.

étanchéité incertaine et demandent beaucoup de soins et d'entretien.

Un nouveau joint de dilatation (fig. 1) du système Schlick, est à signaler par certaines qualités intéressantes : sans presse-étoupe, entièrement métallique, il ne comporte aucun joint et la compensation des dilatations est simplement obtenue par l'élasticité longitudinale des spirales.

J. IZART.

NOTES D'ÉLECTRICITÉ

Commande électrique de métiers à filer. — Économiseurs à courant continu. — Régulateur automatique pour batterie-tampon. — Du choix d'un groupe électrogène à pétrole.

Commande électrique de métiers à filer. — On sait que le métier continu à filer tend de plus en plus à détrôner le self-acting. Sa production plus grande, la simplicité de sa surveillance en sont les principales causes. Cependant, on reconnaît que les fils obtenus avec le self-acting restent supérieurs en qualité, et l'on cherche encore à améliorer le métier continu à filer en perfectionnant son mode de commande.

Cette commande, qui se fait avantageusement par moteurs électriques, est établie généralement à vitesse constante. Il semble pourtant facile à démontrer que la constance de la vitesse est un gros inconvénient pour le filage.

En effet, avec la vitesse constante, la tension entre le guide fil et les cylindres étireurs varie énormément, et précisément à un endroit où le fil n'ayant subi aucune torsion est très fragile, ce qui fait qu'il casse souvent. En outre, la tension entre la bobine de renvidage et le curseur (fig. 1) de cette bobine change beaucoup selon le diamètre de renvidage, d'où formation inégale des couches de la bobine. Ces variations ne peuvent pas ne pas influencer sur la qualité et, pour éviter

les casses, on est obligé d'exclure les matières de qualité médiocre (1).

De nombreuses études ont été faites sur les différentes phases de l'étirage et du renvidage ; il en ressort qu'une commande du métier à vitesse variable est de beaucoup préférable, la variation de la vitesse pouvant être obtenue automatiquement et à la main.

Il est inexact de croire que l'emploi du courant alternatif empêche d'arriver à ce résultat. Certains moteurs monophasés à collecteur, notamment, permettent une variation de vitesse tout à fait progressive par déplacement des balais, mise en marche et arrêt extrêmement simples, rotor robuste et très bas voltage. Nous croyons, en particulier, que la facilité à obtenir la variation de

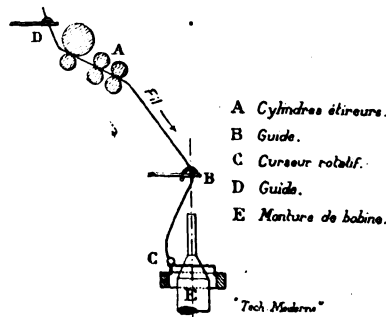


Fig. 1. — Dispositif du mode d'étirage et de renvidage.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 11 (Novembre 1910), p. 641.

vitesse prédestine ces moteurs à trouver d'importantes applications pour la conduite des métiers continus à filer.

Economiseurs à courant continu. — On connaît les économiseurs à courant alternatif, qui réduisent la tension de 110 volts à 37 ou 27 volts. L'économie réalisée par leur emploi est considérable, malgré les pertes en charge et surtout les pertes à vide du transformateur. Une lampe de 16 bougies sous 110 volts, consomme 1,2 w par bougie; sous 37 volts, une lampe de même puissance lumineuse consomme 1 watt par bougie. Les lampes à basse tension ont une fragilité beaucoup moins grande, et on peut les employer pour des puissances de 5 et 10 bougies.

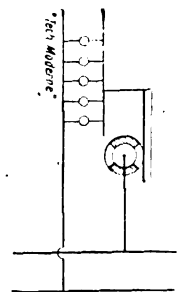


Fig. 1. — Dispositif de lampes avec interrupteur rotatif.

Pour le courant continu, on peut, avec un rendement de beaucoup supérieur, abaisser la tension, uniquement en employant du courant interrompu, fourni soit par un trembleur, soit par un interrupteur rotatif. L'emploi du trembleur est à rejeter dès que l'on utilise un courant dépassant quelques ampères.

L'interrupteur rotatif se compose soit d'un collecteur à lames toujours réunies à un pôle, sur lequel vient frotter un balai, soit mieux, en inversant les choses, d'un balai tournant qui frotte sur un plateau fixe portant les lames (fig. 1). Il est difficile d'avoir plus de deux lames si on ne veut pas atteindre des dimensions exagérées pour l'appareil. L'interrupteur est placé sur une des branches du circuit d'alimentation : il laisse donc passer le courant deux fois par tour, pendant un temps déterminé par la largeur des lames. Il est facile de voir que si K est le rapport du temps pendant lequel passe le courant pendant une révolution, au temps total de cette révolution, quel que soit le nombre de lames, la force électromotrice efficace qu'on obtiendra est

$$u_i = U\sqrt{K},$$

U étant la tension d'alimentation (110 volts en général).

Il est donc simple de déterminer le collecteur. Ses dimensions sont fixées par l'intensité du courant à transformer, en partant de la densité de courant sous le balai. La largeur des lames est déterminée par la tension à obtenir, leur nombre une fois fixé. La vitesse de l'appareil doit être telle que les interruptions soient assez rapides pour ne pas influencer l'œil. Si n est le nombre de tours à la seconde, le nombre des interruptions par seconde est de $2n$ dans le cas de 2 lames. Pour avoir une lumière bien fixe, il faut au moins 20 interruptions par seconde, ce qui représente un minimum de 600 tours par minute. Un petit moteur très simple, par exemple à fer tournant sans enroulement mobile, consommant moins de 1 milliampère, suffit pour assurer la rotation d'un interrupteur d'une dizaine d'ampères.

Les étincelles de rupture sont très importantes. En effet, une lampe de 37 volts et de 16 bougies qui, sous 37 volts consommerait 0,43 ampères, prend ici à chaque contact 1,3 ampères. On peut atténuer beaucoup cet effet en mettant en dérivation sur l'interrupteur un condensateur de capacité suffisante, qui permet une marche sans étincelles nuisibles (dispositif des bobines de Ruhmkorff).

Enfin, si le moteur s'arrêtait dans une position de passage du courant, les appareils d'utilisation se trouveraient directement sous 110 volts et seraient détruits. Il suffit, pour éviter cet inconvénient, d'avoir un petit contact à force centrifuge.

Régulateur automatique pour batterie-tampon. — Les exigences actuelles des réseaux et le désir toujours plus grand de réduire le personnel des Centrales, mettent de plus en plus en faveur l'emploi des régulateurs automatiques. L'appareil (fig. 1) a pour but de maintenir sensiblement constant le courant produit par les dynamos génératrices d'une Centrale, quelles que soient les variations de charge du réseau. — Le principe est le suivant : la variation du courant des dynamos au-dessus et au-dessous de leurs pleines charges, variation qui tend à suivre la charge du réseau, est utilisée pour survolter ou dévolter une batterie-tampon.

Voici comment fonctionne l'appareil : L'excitation du survolteur de la batterie est prise sur deux résistances en parallèle, branchées sur une source indépendante. Les prises de courant sur ces résistances peuvent être considérées, schématiquement, comme mues par un

balancier, solidaire d'une bobine qui oscille dans un champ variable en intensité et en direction.

Ce champ est produit par une bobine i , champ constant, mais réglable par la résistance r ; il est en outre produit par une bobine I , champ qui est fonction du débit des génératrices. Le champ i équilibre le champ I correspondant à la pleine charge. Suivant les valeurs relatives de i et I , la bobine o oscille dans un sens ou dans l'autre, les contacts sur les résistances R oscillent parallèlement, et le survolteur a une excitation variable en quantité et en sens. Si I est trop fort, la batterie est survoltée et se décharge; si I correspond à une charge

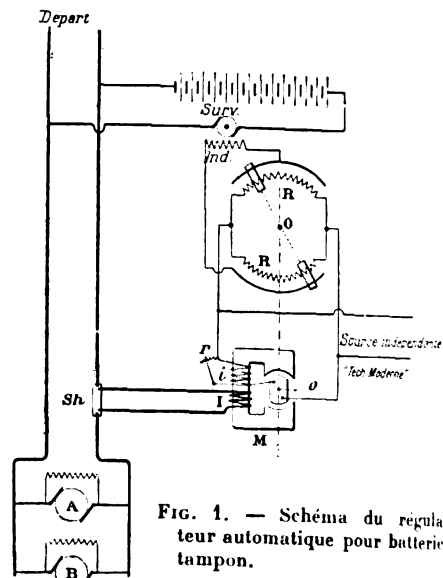


Fig. 1. — Schéma du régulateur automatique pour batterie-tampon.

moindre que la pleine charge, la batterie est dévoltée et se charge.

L'appareil industriel contenant la bobine M et les contacts des résistances R est extrêmement réduit comme dimensions, toutes les pièces ont une inertie très faible, la sensibilité et la rapidité d'action de ce régulateur, jointes à la robustesse, en font un appareil des plus recommandables.

Du choix d'un groupe électrogène à pétrole. — Le service à assurer détermine ordinairement le genre de groupe à adopter. D'après la nature de leur combustible, les moteurs sont répartis en deux classes principales : l'une utilise les essences de pétrole, l'autre le pétrole lourd sous presque toutes ses formes.

À la première catégorie appartiennent des groupes constitués, pour la plupart, d'une dynamo à grande vitesse (1 200 à 1 800 tours par minute), et d'un moteur emprunté aux modèles pour voitures automobiles. D'une mise en charge rapide et d'une conduite simple, ces groupes sont à leur place dans les très petites installations, comme machines principales, ou dans les autres comme secours auxiliaires (manœuvre des ponts roulants, pompes d'épuisement, etc.). Ils ne dégagent pas de fumée et, par suite, peuvent sans inconvénient être installés dans les sous-sols. C'est aussi avec la plus grande facilité que le gaz de ville peut, sans arrêt, être substitué au combustible liquide. Les principaux inconvénients de ces groupes résident en leur consommation et en l'usure des organes.

La seconde classe est représentée par les groupes dont les moteurs sont alimentés aux pétroles lourds ordinaires.

La valeur du combustible pouvant être assez réduite, ces groupes sont plus économiques que les précédents; aussi leur importance est-elle ordinairement plus grande. Ils seront donc d'un emploi plus industriel, et réservés aux usines, notamment en raison du bruit et des fumées auxquels donne lieu leur fonctionnement. L'allumage s'opère soit électriquement, soit par compression du mélange explosif. Si ce dernier procédé exige la proximité d'un compresseur à haute pression, il trouve compensation dans un rendement thermique élevé. L'air comprimé du compresseur, mis en réserve, permet également de lancer ce groupe, au cas où l'installation ne comporte pas de dispositif de démarrage par utilisation de la génératrice électrique comme moteur. Bien que négligeable, comparativement aux machines à vapeur, le temps nécessaire à la mise en charge est très supérieur à celui que réclame la première classe. En vue d'éviter une usure prématurée, la vitesse de ces groupes est généralement assez faible, ce qui conduit à une dynamo d'un prix élevé. Largement dimensionnés et munis d'un double graissage (sous pression et par barbotage), ces groupes présentent ordinairement une marche aussi stable que sûre.

De cette seconde classe dépend un genre de groupe encore peu répandu, mais dont l'extension n'est pas douteuse. Il s'agit d'un ensemble sous voltage constant, à vitesse variable, suivant la puissance à fournir. À faible charge, la vitesse est réduite, pour croître et

atteindre son maximum seulement au plus grand débit. Ce résultat est obtenu par l'emploi d'un régulateur électrique, branché en dérivation aux bornes de la dynamo, et ne demeurant inactif que pour la tension de régime. Toute variation de charge détruisant l'équilibre du voltage met en jeu le régulateur; celui-ci augmente ou diminue le débit des pompes d'alimentation, d'où accélération ou ralentissement de vitesse. Il va sans dire que le moteur et la dynamo répondent à une construction très spéciale. Le régulateur et l'appareil d'alimentation font l'objet de brevets. Quant à la génératrice, à excitation compound, elle possède des pôles supplémentaires redresseurs de champ, qui permettent de réduire au minimum le nombre de pôles principaux et, par suite, d'admettre, pour chaque ligne de balais, de grosses intensités, sans décalage, entre les différentes charges. Un tel dispositif est des plus avantageux : l'encombrement se trouve restreint.

si l'on peut admettre une assez grande vitesse à pleine charge, au cas où ce régime n'est pas permanent; l'usine à faible charge diminue proportionnellement à la vitesse; enfin, le point le plus important est que, même à petite puissance, ce genre de machine est économique : avec la vitesse, les frottements diminuent ainsi que les courants de Foucault et l'hystérésis de la génératrice; de plus, à allure lente, l'utilisation du moteur est bien meilleure qu'à grande vitesse, le rendement thermique des cylindres étant plus grand. Cette sorte de groupe conviendra plus particulièrement aux industries susceptibles d'employer des puissances très différentes, suivant les circonstances, et qui attendent de leurs générateurs un fonctionnement satisfaisant doublé d'un rendement toujours convenable. E. SOUPEY,

*Ingénieur des Arts et Manufactures,
Directeur du B. T. E.*

NOTES DE MÉTALLURGIE

A propos des bronzes d'aluminium à haute résistance. — L'action des solutions aqueuses sur le fer. — Le meeting de mai 1911 de l'Iron and Steel Institute.

A propos des bronzes d'aluminium à haute résistance. — M. P.-H.-G. Durville nous a fait parvenir les remarques suivantes à propos d'une note que nous avons publiée précédemment sur les bronzes d'aluminium à haute résistance ⁽¹⁾ :

Dans leur IX^e Rapport au Comité des alliages sur les propriétés des bronzes d'aluminium au manganèse, MM. Rosenhain et Lantsberry conclurent l'an dernier à une amélioration des meilleurs bronzes d'aluminium, notamment des bronzes tenant de 8 % à 10 % d'aluminium par l'adjonction de manganèse. A ce moment, M. Carpenter, recherchant quel pouvait être le rôle du manganèse, avait suggéré que ce rôle consistait peut-être dans une réduction de l'oxyde de cuivre par le manganèse avant l'addition d'aluminium, et que les bronzes cuivre-aluminium-manganèse devaient contenir moins d'alumine que les bronzes binaires cuivre-aluminium.

Or, depuis, MM. Carpenter et Edwards, continuant leurs essais, ont pu constater au contraire, comme il a été mentionné ici, que l'adjonction de manganèse, en tant que désoxydant, procure des résultats négatifs et qu'au seul point de vue de la diminution de l'alumine, le manganèse donne des résultats déplorables.

Il était d'ailleurs difficile de s'expliquer, *a priori*, quelle modification pouvait se produire dans la teneur finale en alumine suivant que l'oxygène original du cuivre, avant de donner lieu à la formation d'alumine, avait ou non passé par l'état intermédiaire d'oxyde de manganèse.

MM. Carpenter et Edwards ont publié des faits très intéressants sur l'augmentation de la proportion d'alumine contenue dans les moulages, quand on ne prend pas de grandes précautions pendant la fusion pour éviter d'accroître l'oxydation de surface. Mais ils ont mentionné l'échec de leurs tentatives pour débarrasser l'alliage de l'alumine incorporée qui provient toujours, en quantités considérables, de la réduction de l'oxyde de cuivre.

Pourtant, il est possible d'atteindre ce résultat et l'on peut arriver à produire, même avec des cuivres très oxydés, des bronzes d'aluminium à 10 %, absolument exempts d'alumine, ce qui est indispensable pour de nombreuses applications industrielles des bronzes d'aluminium. On sait en effet que les inclusions alumineuses dans de tels bronzes sont autant de points faibles qui jouent le même rôle néfaste que les inclusions scoriacées dans les aciers. D'autre part, au point de vue des qualités de frottement notamment, il peut être aussi déplorable d'employer des alliages d'aluminium chargés d'alumine que de projeter dans un roulement des grains d'émeri, l'émeri étant précisément de l'alumine.

La présence d'alumine est en général plus particulièrement abondante dans les bronzes contenant de 8 à 11 % d'aluminium. Or, ces bronzes sont ceux qui offrent le plus d'utilité industrielle. Il est donc intéressant de connaître un moyen de constater la présence d'alumine dans les bronzes d'aluminium.

Pour cela, il suffit de polir, au buffle par exemple, une pièce quelconque du bronze à examiner : si celui-ci est exempt d'alumine, la

surface polie est absolument saine et lisse; si le bronze contient des inclusions alumineuses, elles s'étalent sous l'action du buffle en striures et en traînées caractéristiques.

C'est là une épreuve de réception facile et qui constitue un critérium à peu près certain de la présence ou de l'absence d'alumine incluse.

Il va sans dire que la supériorité qu'ont établie MM. Rosenhain et Lantsberry, des bronzes d'aluminium au manganèse sur les bronzes d'aluminium sans manganèse, supériorité qui est déjà très marquée quand les bronzes sont rendus, les uns et les autres, défectueux par la présence d'alumine, est encore bien plus accentuée en dehors de la présence d'oxyde d'aluminium, comme cela a été fixé dans un brevet, quelque temps avant la publication des travaux de MM. Rosenhain et Lantsberry.

L'action des solutions aqueuses sur le fer. — MM. Friend et Brown ont étudié cette action et ont vérifié les conclusions de Heyne et Bauer sur ce sujet. En opérant avec du fer pur, ils ont démontré que, contrairement aux résultats de ces derniers auteurs, les solutions faibles de chlorure de sodium, de sulfate de soude, de sulfate de potasse, de chlorure de potassium sont de puissants stimulants pour la corrosion. Ils sont d'accord avec Hayn et Bauer pour reconnaître que l'action des solutions de chlorure de baryum, de chlorure et de sulfate de magnésium passe par un maximum quand les concentrations vont en croissant.

Ils ont examiné l'action du bichromate de potasse qui, comme on le sait, est une action de préservation contre la corrosion; mais pour cela il faut que l'eau soit pure. Si l'eau contient un peu de chlorure de sodium, celui-ci réagit sur le bichromate, il se forme de l'acide chlorhydrique, qui dissout la couche protectrice d'oxyde de fer provoquée par le bichromate, et le fer est attaqué. Cependant 0 g 1 de bichromate par litre retarde l'oxydation; une plus grande quantité est plutôt désavantageuse.

Mais il vaut mieux employer un chromate qu'un bichromate. Il n'y a pas d'acide chlorhydrique mis en liberté et la protection du fer est mieux assurée; 1 gr de ce sel par litre a des effets très favorables.

Le meeting de mai 1911 de l'Iron and Steel Institute. — Comme tous les ans, l'Iron and Steel Institute a tenu sa réunion de printemps à Londres, dans l'hôtel des Civil Engineers. Cette session a été particulièrement glorieuse pour la France. Les deux personnes qui ont été favorisées des deux médailles annuelles délivrées par l'Institut sont deux de nos compatriotes.

La médaille d'or Bessemer a été décernée à M. Henry Le Chatelier, membre de l'Institut, professeur à la Sorbonne et à l'Ecole supérieure des Mines, qui, récemment faisait aux lecteurs de *La Technique Moderne* la remarquable conférence sur l'*Enseignement technique supérieur* ⁽¹⁾. Déjà, dans ces dernières années, cette récompense — la plus haute qu'un sidérurgiste puisse obtenir — avait été décernée à des Français qui ont rendu d'immenses services à la métallurgie; nous citerons l'éminent Osmond et M. Pourcel, dont la brillante carrière n'a été qu'un effort constant en vue de faire progresser la sidérurgie.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, supplément au n° 5 (Mai 1911), 19^e conférence.

1. Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 2 (Février 1911), p. 116.

Décrire les titres de M. Henry Le Chatelier à l'obtention de cette belle récompense serait trop long et d'ailleurs ses travaux sont connus de tous. C'est un chef d'école et l'un des métallurgistes qui honorent le plus notre pays.

La deuxième médaille d'or, de moindre importance, est une médaille de « jeunes ». Elle est attribuée chaque année à un boursier, honoré d'une subvention due à la munificence de M. Andrew Carnegie, pour

l'exécution d'un travail sur les métaux ferreux. Cette année, c'est notre collaborateur M. Félix Robin qui en a été l'heureux bénéficiaire. Le travail qui lui a valu cette récompense porte sur les propriétés des métaux aux abrasifs et sur l'écroutissage des métaux. C'est une œuvre considérable, pleine d'aperçus ingénieux et de documents de haute valeur. C'est la quatrième fois, depuis huit ans que la médaille d'or est instituée, qu'un Français en est détenteur. P. BRÉUIL.

NOTES DE CHIMIE

Incendies et accidents dans les mines. — Sur le nickelage. — L'eau dans la fabrication du papier. — Solubilité des résines. — Substitution des tubes de cuivre aux tubes de plomb dans la distribution des eaux potables. — Distinction de l'atoxyl. — Formule de peinture. — Colle de caoutchouc.

Incendies et accidents dans les mines. — Quelles sont les causes des incendies dans les mines ? quels sont les meilleurs moyens de les combattre ? M. H. M. Wilson, de l'United States Bureau of mines, les a exposés longuement dans une conférence devant la « National fire protection Association ».

Les causes par ordre d'importance sont : l'incendie des bois et des vêtements ; l'inflammation de matières huilées par des torches ; l'inflammation du charbon par des coups de mines, des explosions de lampes ou de poussières de charbon ; le mauvais emploi des explosifs ; parfois la communication d'un incendie de surface ; les installations souterraines de foyers et de chaudières ; les frottements sur les rouleaux en bois ou sur les câbles ; enfin la combustion dite spontanée des charbons, des bois ou des déchets graisseux. Les ingénieurs du Bureau des mines ont adopté, comme le meilleur moyen de combattre un incendie à ses débuts, l'emploi du masque respiratoire ; ils préconisent aussi fortement le traitement des bois et des vêtements par les substances incombustibilisantes.

Pour combattre l'incendie, dont on suivra la marche par des analyses fréquentes de l'air des mines, ou pour les prévenir, les moyens proposés sont : l'incombustibilisation des bois employés dans les mines ; l'éloignement des chiffons gras et de tous dépôts de résidus ; l'isolement convenable des tubes à vapeur ; tenir des dépôts d'eau et de sable prêts à l'usage ; examiner soigneusement le front d'abatage après chaque coup de mine ; ne pas en approcher de lampes ouvertes ; interrompre les transmissions électriques avant chaque coup de mine ; veiller à un bon isolement de ces transmissions ; employer des lampes de sûreté.

— D'une étude très intéressante publiée par M. Fr. L. Hoffmann, dans le « Bulletin of the Bureau of labor » de Washington, sur les accidents fatals des mines de charbon, où l'on trouvera exposés longuement les causes, les statistiques, les règlements pour l'emploi des explosifs, et une bibliographie assez développée, nous nous bornerons à extraire un résumé des conclusions. Elles intéressent aux Etats-Unis une masse de 700 000 travailleurs. La proportion des accidents mortels y atteint 3,11 ‰, contre 1,29 en Grande-Bretagne, 1,35 en Autriche, 1,81 en France, 2,13 en Prusse.

La question des accidents est, aux Etats-Unis et au Canada, plus difficile à envisager entièrement, parce que la production du charbon a subi une augmentation énorme, et le point de vue social, ainsi que le point de vue hygiénique, sont restés au second plan devant la hâte à produire le plus vite et au meilleur marché possible. L'emploi non suffisamment réglementé des jeunes ouvriers, celui d'ouvriers étrangers aux mines et ne connaissant ni le travail, ni même la langue, n'ont pas été sans contribuer, dans une large mesure, à augmenter le nombre des victimes ; ajoutez l'observation des lois et règlements. Aussi, le Congrès des Etats-Unis a créé un Bureau pour les mines, spécialement chargé de rechercher les causes et les remèdes aux accidents de mines.

Sur le nickelage. — Le nickelage a fait l'objet d'un travail étendu de MM. E. F. Kern et Fr. G. Fabian, au Laboratoire de métallurgie de l'Ecole des mines de l'Université Columbia, à New-York.

Les auteurs ont d'abord insisté sur ce que le choix du composé de nickel est assez indifférent ; si l'objet à nickeler est complètement

propre, la solution convenablement préparée et la densité du courant adéquate, le dépôt de nickel peut être obtenu adhérent avec de nombreux composés. Le plus souvent, le nickeleur recourt à une solution de sulfate de nickel ammoniacal, solution qu'on rendra légèrement acide par une faible addition d'acide citrique ou borique, de façon à empêcher la formation de sels basiques insolubles. On emploiera de 20 gr à 30 gr d'acide borique par litre de la solution. En ajoutant également à la solution de 50 gr à 100 gr de sel, on augmente la résistance du dépôt et on diminue la force électromotrice à employer.

Le dépôt n'adhère pas bien si la surface du métal n'est pas nette, si la solution est trop acide ou la température trop basse. Le dépôt tend à devenir gris pulvérulent si le courant est trop fort. On emploiera de préférence des anodes en métal fondu, qui sont plus facilement solubles. La température la meilleure est entre 50° et 70°. Il faut avoir soin de bien remuer.

Avec une solution de chlorure de nickel, on peut obtenir des dépôts adhérents et non cassants en employant une solution de 70 gr de chlorure de nickel par litre, avec addition de 180 gr de sel ; à une température de 60° à 70°, une densité de courant de 10 à 20 ampères par pied carré et une bonne circulation.

Les recherches faites par les expérimentateurs ont porté sur les sels les plus solubles et le meilleur marché, soit le dithionate, le fluosilicate, le chlorure et le sulfate. Les résultats sont que le dithionate se décompose avec dépôts de soufre ; que le chlorure et le phosphosilicate à 10-20 ampères par pied carré, donnent, en solution neutre, de bons dépôts, surtout si l'on chauffe vers 400°, alors que le sulfate précipite des sels basiques insolubles.

L'eau dans la fabrication du papier. — La fabrication du papier utilise une matière première dont l'importance égale celle des autres, mais dont il ne reste qu'une proportion minime dans le produit une fois fabriqué : c'est l'eau.

Une eau trop dure, de même qu'en teinture elle neutralise une quantité de savon, entraîne en papeterie la nécessité d'une plus grande quantité de colle de résine, parce que le résinate de chaux et celui de magnésie ont une action moindre sur la colle que le résinate d'alumine. On conseille donc d'ajouter aux eaux dures de 3 à 5 ‰ de savon gras ; dans ces conditions, on obtient une colle plus soluble et donnant une meilleure émulsion.

La quantité de fer que l'eau peut renfermer commence à brunir la pâte lorsqu'elle dépasse 3 millièmes.

Enfin, l'eau ne doit pas être colorée. On la décolore par filtration en précipitation gravimétrique et en comparant fréquemment des échantillons à un type normal ; on facilite la précipitation par l'addition d'alun.

Solubilité des résines. — M. Ch. Coffignier a relevé, depuis plusieurs années, les solubilités des différentes résines dans les principaux solvants : l'alcool éthylique, l'alcool amylique, l'alcool méthylique, l'éther, le chloroforme, le benzène, l'acétone, l'essence de térébenthine, l'aldéhyde benzoïque, l'aniline, l'acétate d'amylic. enfin le tétrachlorure de carbone.

Voici quelles sont les résines complètement solubles dans les dissolvants :

La sandaraque est complètement soluble dans les essences d'aspic, de romarin, de cajepout, dans l'alcool éthylique, l'alcool amylique, l'aniline, l'éther, l'acétone, l'acétate d'amylic. Le mastic est complètement soluble dans l'essence de térébenthine, l'alcool amylique, la benzine, le chloroforme, le tétrachlorure de carbone, l'acétate d'amylic, l'aldéhyde benzoïque.

Parmi les résines dammar, les variétés Batavia, Padang, Singapour

et Pontianak sont solubles dans le chloroforme, le benzène, l'essence de térébenthine, l'aldéhyde benzoïque, l'aniline et aussi dans le tétrachlorure de carbone (sauf le Pontianak); la variété Batjan l'est dans l'aldéhyde benzoïque et l'aniline.

Substitution des tubes de cuivre aux tubes de plomb dans la distribution des eaux potables. — M. Armand Gautier, au nom du Conseil d'hygiène publique, qui avait été saisi d'une demande de remplacer des conduites de plomb par des conduites de cuivre, pour la distribution des eaux potables, rappelle que les eaux potables dissolvent d'autant mieux le plomb qu'elles sont plus pures, et que les inconvénients des composés du plomb qu'une eau potable est souvent exposée à renfermer sont très grands au point de vue sanitaire; car tous les composés du plomb sont toxiques et dangereux, même en petite quantité; et loin qu'il y ait accoutumance, il y a amoncellement du métal dangereux dans notre organisme.

Or, tous ces inconvénients disparaîtraient avec les tuyaux de cuivre. « J'ai montré, dit M. Armand Gautier, que nous absorbons du cuivre avec la plupart de nos aliments naturels. Bien plus, les vases en cuivre rouge, etc., non étamés ou imparfaitement étamés, sont attaqués par les matières alimentaires, surtout lorsque celles-ci sont additionnées de sel; les acides et les sels végétaux, le vinaigre, etc., en dissolvent aussi une petite proportion, durant la cuisson de nos aliments. J'ai calculé que nous recevons chaque jour, par nos aliments et sans inconvénient, près de 1 mmgr de cuivre emprunté aux vases de cuisine. Enfin, la pratique du reverdissage des conserves de légumes par les sels de cuivre est passée dans l'usage courant et l'on tolère aujourd'hui de 18 à 20 mmgr de cuivre, soit plus de 50 cgr de sulfate cristallisé, par kilogramme de légumes reverdis, sans que cette pratique, regrettable à d'autres points de vue, paraisse occasionner des accidents.

« Je ne vois nul autre inconvénient, ajoute-t-il, à l'emploi des conduites de cuivre que celui d'imprimer peut-être, dans quelques rares cas, à ces eaux de boisson, le goût métallique que pourraient leur communiquer des parcelles de sous-carbonate ou de sous-chlo-

rure de cuivre en suspension, inconvénient sans danger par lui-même, et qui présente d'ailleurs, à d'autres égards, un avantage que n'a pas le plomb, celui de mettre en garde le consommateur contre un état de choses suspect aussitôt que la quantité du métal dangereux s'élève à des doses non pas toxiques, mais simplement désagréables. »

Distinction de l'atoxyl. — L'atoxyl, le méthylarsinate, le cacodylate sont des corps assez voisins au point de vue de leur caractérisation. Comment les distinguer? M. L. Fiori a donné à ce sujet quelques indications (Journal de Pharmacie et de Chimie, juin 1911). L'hypochlorite de calcium donne, avec l'atoxyl seul, une coloration rouge-orangé ou un précipité jaune. Le chlorure mercurique donne avec l'atoxyl un précipité blanc; avec le cacodylate, on n'a pas de précipité; avec le méthylarsinate, on obtient un précipité rouge brique, soluble également dans l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque.

Formule de peinture. — M. G. B. Heckel, dans une communication au Franklin Institute, donne comme type de couleur la formule suivante pour vert-pomme : couleur 48, épaississant 52.

L'épaississant est composé de : huile de lin 85, éther de pétrole 3, essence de térébenthine 1, huile de bois de Chine 2, siccatif japonais 9.

Le pigment est composé de : céruse 15, blanc de plomb (sulfate basique) 28, oxyde de zinc 44, asbestine (silicate de magnésium) 3, carbonate de calcium 2, blanc fixe (sulfate de baryum) 10, silicate d'alumine 3, chromate de plomb 2,5, ferrocyanure de fer 0,7.

Le colorant est composé de : vert de chrome pur.

Le siccatif japonais est composé de : gomme kauri 1,67, oxyde de plomb 8,45, oxyde noir de manganèse 2, huile de lin 26,44, essence de térébenthine 61,44.

Colle de caoutchouc. — D'après M. Ahrens, dans « Chemiker Zeitung », on prépare des solutions de caoutchouc très adhésives, en dissolvant dans l'acétate d'amyle 1/6 en poids de lames de Para pur et laissant la solution se faire pendant une huitaine de jours.

J. GARÇON.

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AGRONOMIE

Emploi des saponines pour la préparation des émulsions insecticides et des liqueurs des traitements insecticides et anticryptogamiques. — Certaines plantes renferment des saponines qui, tout en possédant certaines propriétés des savons alcalins, ont l'avantage de ne pas être décomposées ni précipitées par les solutions acides ou salines. Le *Sapindus utilis* permet d'obtenir des liqueurs insecticides adhérentes et des émulsions, sans alcools, stables et mouillantes. On a ainsi préparé une liqueur à base de *Sapindus*, d'acétate de cuivre et d'huiles minérales qui combat efficacement les cochenilles et les pucerons.

(Note de M. Gastine, présentée par M. L. Mangin à l'Ac. des Sciences, 27 février 1911.)

Les eaux résiduaires de féculerie et leur utilisation. — Jusqu'ici, les eaux résiduaires de féculerie étaient encombrantes pour les industries qui les produisaient. Elles constituaient de plus un danger pour l'hygiène publique quand elles étaient déversées dans les rivières. Désormais elles pourront être utilisées. Il suffit en effet de les évaporer pour en retirer des engrais agricoles très riches en substances minérales : matières azotées, phosphates, etc.

(Communication de M. Girard à la Société Nationale d'Agriculture, 28 décembre 1910.)

Les phénomènes d'épuration des eaux d'égout par le sol et par les lits bactériens. — L'épuration des eaux d'égout par les lits bactériens est due surtout à des faits de combustion directe produits par les microorganismes ordinaires de la destruction de la matière organique. La nitrification n'a qu'une place secondaire dans cette épuration. En est-il de même quand il s'agit d'une épuration par le sol? Pour s'en rendre compte, on a placé dans de grandes caisses des poids connus d'une terre se prêtant bien à l'épandage et à l'épuration, après avoir dosé avec précision l'azote qu'elle renfermait. Puis on a arrosé

cette terre toutes les semaines dans les conditions de la pratique agricole, c'est-à-dire avec une quantité d'eau d'égout correspondant à 40 000 m³ par an et par hectare. Ceci, pendant six mois et demi, la teneur en azote de l'eau étant connue. L'azote de l'eau d'égout et de la terre après traitement fut dosé. Un bac, plein de terre que l'on n'arrosait pas, servit de terme de comparaison.

On constata que, dans le cas de la terre arrosée, il y avait perte de 152 % de l'azote total mis en œuvre. La terre non arrosée ne gagna ni ne perdit en azote. Les chiffres résultant des expériences montrent que ce n'est pas l'azote de la terre qui s'est déperdu à l'état gazeux dans le cours de l'arrosage, mais celui de l'eau d'égout. Il y a donc une différence considérable entre les modes d'épuration par lits bactériens et par épandage agricole. Dans le premier cas, la nitrification a une importance secondaire, dans le second, elle a une action prépondérante.

(Note de MM. A. Müntz et E. Lainé à l'Ac. des Sciences, 8 mai 1911.)

CHIMIE

La condensation dans les usines à gaz. — 1. Pour obtenir, dans les usines à gaz, la condensation par le goudron vésiculaire, en suspension dans le gaz à la sortie du barillet, goudron qui est à froid l'absorbant naturel de la naphtaline, il faut, d'après les recherches de M. Emile Sainte-Claire Deville :

1° Refroidir d'une façon rapide et complète le gaz à sa sortie du barillet, d'où l'emploi d'un réfrigérant;

2° Séparer le goudron vésiculaire du gaz, d'où l'emploi d'un condenseur par choc adjoint au réfrigérant.

Cette condensation peut être réalisée pratiquement de la façon suivante : un réfrigérant tubulaire (par unité de 15 000 m³ par vingt-quatre heures) est installé à proximité des fours. Le gaz traverse ce réfrigérant de bas en haut, tandis que les tubes de 5 cm de diamètre

environ sont parcourus par une circulation d'eau ascendante. La chute du goudron est ralentie par des plateaux-chicanes.

Le condenseur par choc est situé en dessous du réfrigérant. Le gaz ne conserve ainsi, par mètre cube, à la sortie de l'appareil, que de 1 g à 2 g de goudron, c'est-à-dire au maximum la centième partie de ce que renferme 1 m³ de gaz brut; la majeure partie de la naphthaline est retenue par le goudron. Le gaz doit être enfin clarifié par choc.

Ce procédé a été expérimenté à l'usine de la Villette par la Société du Gaz de Paris.

(Communication de M. H. Laurain au XXXVIII^e Congrès de la Société technique du gaz. Marseille, 22-25 mai 1911.)

II. On peut parvenir à retenir le goudron et la presque totalité de la naphthaline par un procédé complètement différent. La condensation au moyen du réfrigérant est évidemment à employer si les lavages à l'huile lourde, ou autres artifices, n'ont donné que de mauvais résultats, et si l'on ne cherche qu'à débarrasser le gaz de la naphthaline sans vouloir lui conserver un pouvoir calorifique et un pouvoir éclairant importants. Dans la plupart des usines, on utilise la condensation progressive souvent appelée condensation « à chaud ». La condensation « à froid », employée par la Société du Gaz de Paris, est loin de représenter le procédé général usité en France et il faut se garder de le donner pour tel, d'autant qu'il est à prévoir qu'il se trouvera bientôt en contradiction avec les méthodes de condensation à température élevée indispensables pour saturer directement l'ammoniaque. La Société du gaz de la banlieue pratique à l'usine d'Aubervilliers la condensation à chaud.

(Communication de M. Grebel au XXXVIII^e Congrès de la Société technique du gaz. Marseille, 22-25 mai 1911.)

Nettoyage des moulages en plâtre. — On peut, en les imbibant de certaines solutions, rendre lavables les moulages en plâtre; il suffit de se servir, par exemple, d'une laque spéciale (zapon). Cette dernière s'écaille avec le temps et, pour lui faire recouvrer ses facultés protectrices, il faut traiter le moulage par un des dissolvants de cette laque. On a recommandé récemment l'emploi de la cellone et de la cellite, mais les expériences sur ces procédés sont jusqu'ici peu nombreuses. Pour les moulages en plâtre de peu d'importance, il est parfois très pratique de les laisser séjourner dans l'eau pendant douze heures; on peut aussi prendre de l'eau de plâtre et frotter l'objet avec une brosse douce. Ce procédé a l'inconvénient d'endommager un peu le moulage. Il serait peut-être intéressant de faire des recherches sur l'emploi de l'alcool ou de la benzine pour le nettoyage des moulages brunis par la fumée du tabac.

(Note de M. Rathgen à la 13^e Hauptversammlung des deutschen Gipsvereins, E. V., Berlin, 15 février 1911.)

Recherches sur le suc de la levure de bière. — L'état de la levure, le mode de dessiccation, la proportion d'eau ajoutée à la levure et la température à laquelle s'effectue la macération, ont une grande importance dans la préparation du suc actif de levure par la méthode de M. Lebedeff.

Différentes levures employées avec le saccharose, le maltose ou le glucose, ont donné des résultats négatifs, le suc étant inactif. Avec le suc actif, on a toujours obtenu, à des températures comprises entre 12° et 15°, un dégagement gazeux au bout de cinq à vingt minutes.

Les expériences faites avec la levure de la brasserie Demory ont conduit aux résultats suivants :

La macération à 4° produit des sucres plus actifs que les macérations faites à 1° ou à 25°; de 35° à 40° les sucres sont inactifs. Les sucres sont moins actifs quand ils ont macéré dans l'eau additionnée de 20 % de glycérine que lorsqu'ils ont macéré dans l'eau pure, mais en l'absence de sucre, ils conservent plus longtemps leur activité.

En présence de sucre, le dégagement gazeux que donne le suc actif est plus durable vers 3° et 4° que de 25° à 30°; à basse température, le suc reste limpide; entre 22° et 25° les matières albuminoïdes précipitent et, au bout de quarante à soixante-douze heures, le dégagement gazeux s'arrête.

La conservation de ce suc est facile à température ordinaire sans additions d'antiseptiques.

Les recherches faites au sujet des influences de la température, du sucre et de la concentration saccharine sur le suc de la levure de bière ont montré que le suc de Lebedeff se comportait d'une façon analogue à la zymase de Buchner.

(Note de M. E. Kayser, présentée par M. A. Müntz à l'Ac. des Sciences, 3 avril 1911.)

ÉLECTRICITÉ

Lignes de transmission de l'électricité. — M. C. Vernier fait remarquer les nombreux avantages du système Thury et donne les prix de revient d'une ligne de transmission de l'électricité sous un potentiel de 20 000 volts employant des poteaux en acier ou en bois.

Poteaux en acier.		Poteaux en bois.	
Durée approximative.	36 ans.	Durée approximative.	18 ans.
Ecartement	240 m.	Ecartement	80 m.
Prix de revient, env.	300 fr.	Pour 3 poteaux, érection comprise, env..	450 fr.
Frais d'érection . . .	125 fr.	Renouvellement, env..	1771.50
Peinture chaque trois ans après les neuf premières années .	225 fr.	Main-d'œuvre du renouvellement . . .	150 fr.
Conducteurs	900 fr.	Conducteurs	802 fr.
Total, env. . .	1550 fr.	Total, env. . .	15791.50

La valeur maximum des à-coups de voltage est donnée par la formule :

$$V = 200 \times C \times \sqrt{2} + E \sqrt{2},$$

dans laquelle C et E sont les racines carrées moyennes de l'intensité du courant et de la différence de potentiel entre le fil et le sol.

Cette formule donne, pour des potentiels de 20 000 et 6 000 volts, des voltages maxima de 30 000 et 18 900 lorsque l'intensité tombe de 50 ampères à zéro, montrant que les lignes de transport à haut potentiel ont un facteur de sécurité plus grand. Il est imprudent de mettre sur ces mêmes poteaux des fils téléphoniques pouvant faciliter les courts-circuits et donner des interférences dues à des phénomènes d'induction.

M. B. Welbourne fit remarquer que : 1° pour les conducteurs, l'emploi de l'aluminium est aussi économique que celui du cuivre et que sur ce dernier la glace adhère plus facilement; 2° les poteaux en bois convenablement créosotés durent au moins vingt-cinq ans.

M. C. Vernier ajouta que l'expérience qu'il fit de l'emploi de l'aluminium lui donna des courts-circuits dus à ce que les différents fils ne se balançaient pas synchroniquement, même lorsqu'ils étaient exempts de glace.

De plus, dans certains cas, le métal semblait perdre sa ténacité.

(Discussion ayant eu lieu à l'Institution of Electrical Engineers, à Newcastle, le 30 janvier 1911.)

Traitement des poteaux en bois. — A l'installation de Norrie, on commence par immerger la partie à traiter dans un bain de créosote; on chauffe, l'air et l'eau se dilatent et s'échappent partiellement; on arrête de chauffer; on laisse venir du liquide froid.

L'United States Government indique (d'après des essais effectués avec l'American Telephone and Telegraph Co.) :

	VIE DU POTEAU	
	non traités	traités
	ans	ans
Cèdre	12-15	25
Noyer	8-10	20
Lodgepole pine	5	20
Western yellow pine	6	25
Cyprés	12	25
Zumper	10-13	25
Redwood	12-15	30
White oak	8	20
Douglas fir	8	20

Le Gouvernement allemand, après cinquante-deux années d'observations, indique vingt-un ans pour la durée des poteaux de pin de la Baltique.

(Communication de M. G. R. Ogier à la Colorado Electric Light Association, janvier 1911.)

Un tramway à 1 200 volts courant continu. — La Società Elettrica Bresciana a racheté en 1907 le réseau de tramways de la province de Brescia. Elle a décidé d'employer la traction électrique sur deux importantes lignes suburbaines et sur la ligne reliant Brescia au lac de Garda. Le courant employé est continu à 1 200 volts. La ligne aérienne est à suspension caténaire et est supportée par des poteaux

en treillis à 60 mètres l'un de l'autre; les sous-stations sont placées une à Brescia, l'autre à Salò, et comportent chacune deux groupes convertisseurs rotatifs de 300 kw avec batterie tampon. Chaque groupe convertisseur se compose d'un moteur synchrone à 8 pôles, 2 périodes, 3 800 volts, accouplé directement à une dynamo pouvant donner 1 200 volts sous 250 ampères. Les équipements sont à deux moteurs sur les lignes de banlieue et à quatre moteurs sur la ligne du lac Garda. On a employé le contrôle multiple Sprague pour cette dernière ligne; les moteurs sont accouplés deux à deux en série, de façon que le voltage aux bornes de chacun d'eux ne dépasse pas 600 volts. Leur puissance est de 50 HP environ et la vitesse maximum de marche 40 km.

(Communication de M. T. Gervis, Atti della Associazione Elettrotecnica Italiana, mai 1911.)

Sur les tubes luminescents au néon. — Dans les tubes de Moore, comme dans ceux de Crookes, il se produit une absorption progressive du gaz employé et le tube s'éteindrait rapidement si une soupape électromagnétique ne laissait rentrer continuellement du gaz en remplacement de celui qui disparaît. Ce dispositif est délicat et coûteux. Il y avait donc intérêt à chercher à le supprimer. Le néon se prêtait assez bien à cette suppression. Il est inactif et sa faible cohésion électrique permet d'introduire dans le tube une provision de gaz dix fois plus grande que dans le cas de l'azote. La disparition des gaz rares dans les tubes étant, d'après les expériences de l'auteur, une conséquence de la vaporisation des électrodes, pour augmenter la vie du tube il faut diminuer cette vaporisation, c'est-à-dire qu'il suffit d'augmenter beaucoup les dimensions des électrodes.

Les électrodes en cuivre des tubes à néon de 35 m de long et 45 mm de diamètre, installés au Grand Palais, avaient une surface de 3 dm² par ampère. L'un de ces tubes a fonctionné 210 heures puis s'est rompu accidentellement. Pendant ces 210 heures, la vaporisation n'a pas dépassé 1 gr 4 à chaque électrode pour un poids d'électrode de 100 gr.

Les résultats ont été moins bons avec des tubes de 5 à 6 m munis d'électrodes identiques, mais, en portant la surface des électrodes à 5 dm² par ampère, on a obtenu avec un tube de 6 m une durée de 600 heures. Le problème de la suppression de tout dispositif de rentrée peut donc être considéré comme résolu.

(Note de M. G. Claude, présentée par M. d'Arsonval à l'Ac. des Sciences, le 22 mai 1911.)

Mesure directe de l'affaiblissement et de la caractéristique des lignes téléphoniques. — Les deux formules :

$$\alpha = \sqrt{(\rho + i\omega\lambda)(\sigma + i\omega\gamma)}, \quad Z = \sqrt{\frac{\rho + i\omega\lambda}{\sigma + i\omega\gamma}},$$

donnent, en fonction des constantes de la ligne téléphonique envisagée, les deux paramètres, coefficient d'affaiblissement et caractéristique, desquels se déduisent les propriétés des lignes téléphoniques.

Ces paramètres, qui se déterminent habituellement par le calcul, peuvent être mesurés directement. En effet, quand une ligne de longueur l est fermée sur une impédance égale à sa caractéristique, le rapport m des courants de départ et d'arrivée est :

$$m = e^{\alpha l},$$

et l'impédance au départ Z_0 est égale à la caractéristique Z .

Par suite, pour mesurer la caractéristique, on placera à l'extrémité de la ligne une impédance de valeur approchée; puis on mesurera, au pont à téléphone, l'impédance au départ qui sera placée elle-même à l'extrémité de la ligne comme nouvelle approximation de la valeur cherchée. On recommencera plusieurs fois et on finira par trouver, au départ, la même impédance que celle qui est à l'arrivée, c'est-à-dire la caractéristique.

Pour obtenir l'affaiblissement, on mesurera au Duddell, les conditions étant les mêmes, et en tenant compte de la résistance de l'appareil, les rapports des courants de départ et d'arrivée.

Ce procédé est commode et plus rigoureux que la méthode par calcul, car il permet d'opérer sur la ligne, dans les conditions où elle est exploitée. Il permet aussi, dans le cas de lignes non homogènes (comme les lignes pupinisées), de déterminer directement les deux constantes qui jouent dans la propagation le rôle principal, par conséquent d'estimer dans quelle mesure ces lignes peuvent être traitées comme des lignes homogènes.

(Note de M. Devaux-Charbonnel, présentée par M. H. Poincaré, à l'Ac. des Sciences, 3 avril 1911.)

GÉNIE MARITIME

Stabilisateur anti-roulis. — La durée des périodes du roulis d'un navire coïncide ordinairement avec celle de son oscillation pendulaire naturelle, et ce roulis est, pour une houle donnée, d'autant plus accentué que la périodicité des vagues, déphasée de 90° par rapport au roulis, se rapproche plus de celle des oscillations naturelles du navire. Il est possible de combattre ce phénomène de résonance ou d'accumulation des impulsions synchrones en créant, dans le navire même, un phénomène d'anti-résonance ou de roulis asynchrone avec celui du navire par l'oscillation d'une masse d'eau SHS (fig. 1), dont la période est décalée de 90° par rapport à celle du roulis du navire ou de 180° par rapport à celle des vagues qui déterminent ce roulis.

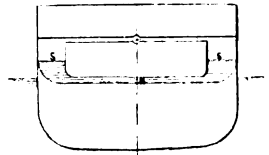


Fig. 1.

Les premières installations d'un stabilisateur reposant sur ce principe ont été faites sur le *Corcovado* et l'*Ipiranga*, bateaux de 135 m $\times$ 16 m, 50 sur 7 m, 60 de tirant, en charge de 14 000 t, vitesse 13 nœuds. Chacune de ces installations se compose de deux groupes de deux réservoirs, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière. Les deux réservoirs de chaque groupe ont 2 m, 70 de hauteur et 3 m de largeur perpendiculairement à l'axe du navire. Ils sont reliés transversalement au navire par une conduite de 45 cm de hauteur. La largeur dans le sens de l'axe du navire est de 7 m, 50; le haut des réservoirs est relié par une conduite d'air réglable par des valves. Des guides et déflecteurs amortissent le clapotis de l'eau. Chacun des réservoirs renferme 94 t d'eau. Ces réservoirs se sont montrés très efficaces et ont permis d'abaisser les oscillations de roulis de 11° à 2° ou 2° 1/2. En gros temps, ces oscillations se réduisaient de 18° à 4° et même 3°. En plein fonctionnement, le moment stabilisateur de ces réservoirs est de 840 mètres-tonnes, difficiles à produire par tout autre moyen, tel qu'un gyroscope par exemple.

L'application de ces réservoirs peut permettre de construire de très grands navires d'un faible roulis sans en exagérer le tirant d'eau qui paraît avoir atteint, actuellement, la limite imposée par celui des ports et bassins. On peut admettre que ces réservoirs, d'une capacité ne dépassant guère 1,5% du déplacement du navire, peuvent assurer une stabilité parfaite à des navires de 39 m de hauteur sur quille avec des tirants ne dépassant pas 10 m, 80. Ils permettent une plus grande vitesse en mer avec une moindre fatigue de la coque.

Ils permettent également d'améliorer le tir des navires de guerre en amortissant leurs oscillations.

(Communication de M. Frahm, à l'Institution of naval Architects, Londres, 7 avril 1911.)

Le moteur Diesel à bord des navires de haute mer. — Le moteur Diesel offre pour la marine des avantages tout particuliers, dus à sa consommation très réduite et aux simplifications qui résultent de son emploi sur les navires.

Le poids du combustible embarqué peut être réduit ou le rayon d'action grandement augmenté.

La suppression des chaudières écarte de graves sujétions et le personnel mécanicien peut être très peu nombreux.

Toutefois, jusqu'à présent, le moteur à pétrole manœuvrait moins bien que la machine à vapeur.

M. Bochet décrit le nouveau moteur à deux temps créé par M. Bruns, ingénieur à la Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A. G., qui a radicalement écarté les défauts des anciens moteurs à pétrole. Ce nouveau moteur, très léger, manœuvre au moins aussi bien, en avant et en arrière, que les meilleures machines à vapeur. Son application à bord de grands voiliers présenterait un grand intérêt pour la réalisation de navires mixtes.

Avec la vapeur, le navire mixte n'offrirait pas d'avantages sérieux, tandis que le moteur Diesel, toujours paré, apporte une solution complète du problème et pourra faire renaître l'usage des grands voiliers.

L'expérience a d'ailleurs été tentée par les chantiers et ateliers Augustin Normand à bord du quatre-mâts pétrolier « le Quévilly ».

Muni de deux machines fournissant ensemble 600 chevaux effectifs sur les arbres des deux hélices, ce bâtiment a pu atteindre la vitesse d'environ 6,5 nœuds, avec un déplacement de 5 310 t, sous la seule

impulsion de ses moteurs. « Le Quévilly » a déjà fait un premier voyage à New-York.

Cet exemple a été rapidement suivi et de nouvelles applications se préparent à l'heure actuelle.

La marine française a également mis à profit les nouvelles machines à deux temps. Les chantiers et ateliers Augustin Normand construisent deux de ces machines, d'une puissance de 650 chevaux, et un bâtiment colonial qui sera muni d'un moteur de 400 chevaux.

Les ateliers et chantiers de la Loire construisent aussi deux moteurs de même type, d'une puissance de 650 chevaux, et deux moteurs pouvant produire chacun 2 400 chevaux.

La Société Harlé et Cie a également entrepris la construction de ce nouveau type de moteur.

En outre, en Allemagne, la Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A. G., à Nuremberg, a complètement étudié une machine marine de 12 000 chevaux à six cylindres; elle a construit trois des cylindres de cette machine et tous les organes accessoires du moteur complet. Ce groupe de 6 000 chevaux à trois cylindres a déjà commencé ses essais.

Dans la même usine de Nuremberg se poursuivent les essais d'une machine de paquebot à trois cylindres, deux temps, double effet, d'une construction tout à fait analogue à celle du moteur de 18 000 chevaux.

Cette machine tourne à l'allure de 140 tours et produit une puissance de 1 000 chevaux.

Les chantiers Blohm et Voss ont construit à Hambourg une machine identique qui doit être installée, avec celle exécutée à Nuremberg, sur un paquebot en construction aux mêmes chantiers.

(Communication de M. Rochet à la Soc. des Ingénieurs civils, 2 juin 1911.)

Applications de la transmission électrique à la propulsion des navires. — Différents projets sont examinés par le gouvernement américain en vue de l'équipement électrique de navires de guerre et de charbonniers. On envisage notamment la construction d'un cuirassé à grande vitesse qui aura deux générateurs électriques de 12 000 kw et quatre moteurs de 7 000 chevaux; les machines électriques seront à courants triphasés; les moteurs seront réglables par la variation du nombre de pôles; le gouvernement vient également de décider la construction d'un charbonnier équipé électriquement; les moteurs de ce dernier ne seront pas munis du procédé de réglage appliqué dans le premier cas.

(Communication de M. W. L. R. Emmet, à l'American Institute of Electrical Engineers, février 1911.)

MÉCANIQUE

Rendement des fraiseuses. — On a cherché à réduire le plus possible l'effort de coupe des fraiseuses pour un débit donné. Une étude

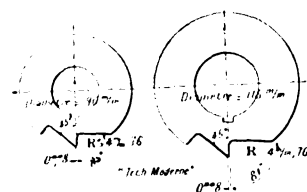


FIG. 1.

approfondie a conduit les constructeurs de la Cincinnati Milling Machine Co à augmenter considérablement le pas des dents de leurs fraises hélicoïdales crénelées. Les types étalons de 90 mm de diamètre et 9 dents, et de 115 mm de diamètre et 10 dents correspondent à un pas de 32 mm environ. Le sommet des dents a un plat de 0^{mm},8 et leur dos est incliné de 45° sur le plan radical d'attaque, raccordé par un congé de 4^{mm},76 au dos de la dent suivante. Les broches ou arbres porteurs de ces fraises ont respectivement 38 à 45 mm pour les fraises de 90 mm, et 38 et 51 mm pour les fraises de 114 mm.

Les essais faits ont montré l'avantage des grands pas. Pendant le travail de dégraissage, les dents à grands pas arrivent à conserver leur tranchant jusqu'à deux fois plus longtemps que les dents des anciennes fraises à pas deux fois plus petits, et comme il y a deux fois moins de dents, le réaffûtage se fait deux fois plus vite; comme la hauteur des dents est deux fois celle des anciennes fraises, elles peuvent supporter deux fois plus d'affûtage; les branchements sont en outre diminués.

On peut munir ces fraises d'entailles ou échelons destinés à rompre les longs copeaux et à en éviter le bourrage.

(Communication de M. A. L. de Leeuw à l'American Society of Mechanical Engineers, avril 1911.)

MÉTALLURGIE

Le four à induction dans l'industrie du fer et de l'acier. — L'auteur rappelle le principe et les caractéristiques des principaux types de fours électriques employés dans l'industrie de l'acier et du fer; il les compare particulièrement au point de vue de la stabilité du fonctionnement, de l'uniformité de la puissance absorbée, etc.

Le four à induction produit une charge beaucoup plus stable que les fours à arc; il est vrai que le facteur de puissance en est relativement faible; cependant, avec le Röchleing-Rodenhauser, on arrive à un facteur de puissance relativement bon; pour un four de 7 tonnes, le facteur est de 0,6 sur courant alternatif monophasé à 25 périodes et de 0,8 sur courant triphasé de la même fréquence; les petits fours donnent un facteur de puissance de 0,8 sur courant alternatif à 50 périodes; ils peuvent donc être branchés sans difficultés sur des canalisations de distribution générale; on pourrait, au surplus, améliorer les conditions de fonctionnement au moyen de condensateurs. Les fours à induction ont, en outre, l'avantage d'un rendement élevé d'après des expériences faites sur un four de 3 t 5, on arrive à un rendement de 97 %; dans les fours à arc de capacité correspondante, il se produit, sur les électrodes, une perte de 10 %.

L'auteur indique les caractéristiques métallurgiques du four à induction et donne des exemples d'aciers préparés avec ce four et particulièrement avec le Röchling Rodenhauser; il complète par des chiffres sur les frais de production:

Redevance (Allemagne): 0 doll. 65 (*) par tonne d'acier de rail, 1,50 par tonne d'acier au creuset, pour les petits fours; pour les fours donnant 1 000 tonnes par jour: 0 doll. 36 et 0,50 respectivement.

Dépenses d'énergie, par tonne de métal (acier au creuset):

En partant de matières froides	600 à 900 kwh
— de matières chaudes	300 à 700 —
— du métal chaud pris au convertisseur	250 —
— du métal chaud pris au Martin	200 à 250 —

L'ensemble des frais de production, pour des fours de:

1 t 5, triphasé, basculant, 210 kw, 50 périodes, 1 220 t par an.	
2 t, — — 300 kw, — 4 000 t —	
5 t, — — 550 kw, — 10 000 t —	
7 t, — — 750 kw, 25 — 25 000 t —	

est évalué, d'après des devis détaillés, à 7 doll. 53, 2,87, 2,17, 1,21, respectivement.

Les dépenses d'installation correspondantes sont de 9 000, 12 500, 22 000 et 27 000 doll., respectivement.

(Communication de M. C. F. Elwell, à l'American Institute of Electrical Engineers, avril 1911.)

Production au four électrique de la fonte brute. — A la suite des essais intéressants faits à Domnarfvet en Suède, pendant l'été 1909, pour la production industrielle de la fonte au four électrique, le Jernkontor a installé une station de recherches à Trollhättan. Le four, construit pour un rendement de 23 t par jour à 38 m³ de capacité, il a coûté avec son équipement 175 844 fr; l'installation complète est revenue à 444 813 fr. Il a quatre électrodes; le courant est fourni par la ville de Trollhättan, il est triphasé à 25 périodes et aboutit à deux transformateurs de 1 100 K. V. A. pouvant supporter 1 375 K. V. A. pendant une heure. Le courant secondaire est diphasé et la tension entre phases peut varier de 50 à 90 volts. Une disposition spéciale permet au besoin d'atteindre 180 volts.

Différents minerais furent employés et le rendement moyen fut de 3,66 t de fonte par Kw-an. L'expérience a montré que le nombre de quatre électrodes était un minimum, qu'il valait mieux en employer six et se servir de courant triphasé.

(Communication de M. J. A. Leffler, Föredrag vid Jernkontorets Tekniskar Diskussionsmöte, Stockholm, 31 mai 1911.)

MINES

Emploi des pompes centrifuges dans les mines. — Le couplage direct du moteur électrique et de la pompe centrifuge permet une grande réduction de l'encombrement. Par contre, le grand avantage des pompes à piston provient de ce qu'elles aspirent indifféremment

(1) Le dollar vaut environ 5 fr 18.

air ou l'eau, alors que la présence du premier diminue le rendement des pompes centrifuges.

	RENDEMENTS %	
	pompe centrifuge	pompe à piston

Pompe.	66	80
Moteur.	91	90
Rendement de l'ensemble	60,1	72,8

Ces rendements sont en réalité plus faibles que ceux garantis actuellement par les constructeurs; on pourrait prendre 70 % et 85 % au lieu de 66 % et 80 %.

Le tableau suivant permet de comparer au point de vue économique la pompe centrifuge à la pompe à piston :

		RENDEMENTS	
		pompe centrifuge	pompe à piston
Coût de l'installation	environ.	5 000 fr.	18 750 fr.
Bâti et chambre	—	1 000	2 875
Intérêt 5 %	—	300	1 081,25
Dépréciation :			
Pompe centrifuge 10 % . . .	—	500	"
Pompe à piston 5 %	—	"	937,50
Salles des machines 2 1/2 % .	—	125	468,75
Réparation et entretien :			
Pompe centrifuge 7 1/2 % . .	—	375	"
Pompe à piston 7 1/2 % . . .	—	"	1 406,25
Salles des machines 1 1/4 % .	—	62,50	237,50
Energie électrique :			
8 heures par jour pendant			
365 jours = 2 920 heures à			
0,33 par kw heure	—	11 456,25	9 325
Huile, etc.	—	100	375
Totaux en fr.	environ.	12 918,75	13 831,25

Balance en faveur de la pompe centrifuge : environ 912 fr 50. Si après quelque temps de marche le rendement de la pompe à piston tombe à 75 % comme cela arrive toujours, la balance en faveur de la pompe centrifuge est par an d'environ 1 675 fr.

Les poids de l'ensemble pompe et moteur sont 3 t 1/2 pour la pompe centrifuge et 18 t pour la pompe à piston.

(Communication de M. R. H. Willis, au West of Scotland Branch of the Association of Mining electrical Engineers, mai 1911.)

La traction souterraine par locomotives à air comprimé. — Le roulage de 400 t km effectué au puits Enischer (Kolner-Begwerksverein, à Altenessen) en Westphalie, au moyen de deux locomotives Schwarzkopff, a donné un prix de revient de 10,8 centimes y compris l'amortissement et l'entretien) pour la t km utile.

Trois locomotives Schwarzkopff sont également employées pour un trainage de 1250 t km utiles à la fosse Vieux-Condé, de la Compagnie des Mines d'Anzin. Ces locomotives peuvent développer huit à vingt-quatre chevaux et sont construites pour circuler à la vitesse de 2 m 50 par seconde. L'air comprimé, amené du jour par une canalisation où il se trouve à la pression de 100 kg, est introduit dans le réservoir que porte la locomotive, à la pression de 50 kg. Le réservoir, d'une capacité de 1 m³ 65, est rechargé quand la pression n'y est plus que de 10 kg. Une baisse de pression de 50 kg à 10 kg dans le réservoir correspond à une consommation de 64 m³ d'air mesurés à la pression atmosphérique. Cette quantité d'air permet à la locomotive d'effectuer un travail d'environ 470 000 kilogrammètres dans les conditions de marche normale.

La durée du rechargement pour amener la pression de 10 kg à 50 kg est de 2'.

Les roues sont actionnées par bielles motrices et bielles d'accouplement; la distribution est du type Walschaert; les tiroirs sont plans et à recouvrement. Les pistons sont garnis d'emboutis en peau de poisson. Les pistons sont munis de nervure, de façon à faciliter le réchauffage par l'air extérieur; les lumières d'échappement sont de grandes dimensions et débouchent directement dans l'atmosphère, de façon à éviter l'obstruction par la glace. Les cylindres reçoivent l'air comprimé à une pression variant de 5 kg à 10 kg. L'air est maintenu à cette pression dans un petit réservoir placé sous le réservoir principal et communiquant avec lui par un détendeur. Ce petit réservoir est muni d'une soupape de sûreté.

Les caractéristiques de ces locomotives sont les suivantes :

Diamètre des cylindres	125 mm
Course des pistons	250 mm
Diamètre des roues	500 mm
Empattement	1 m
Largeur maximum	970 mm
Longueur maximum	4 m
Hauteur maximum	1 m 520
Poids à vides	5 t 400
Poids en ordre de marche	5 t 650
Effort de traction maximum	780 kg
— — avec admission de 25 % . .	235 kg

(Communication de M. O. Pélabon à la Soc. de l'Industrie minière, mai 1911.)

PHYSIQUE

La combustion dans les foyers mécaniques. — Les conditions chimiques d'une bonne combustion (rapport convenable de l'air et du combustible) sont connues; les conditions physiques sont aussi importantes, quoique moins fréquemment observées. Il importe d'avoir une carbonisation telle que le contact intime entre l'air et le combustible soit augmenté par la porosité résultant de la cokéfaction de la couche de combustible.

Un défaut général, dans beaucoup de chaudières, est la trop grande proximité de la couche en ignition et des tôles de coup de feu; ces tôles refroidissent la flamme, arrêtent la combustion, génèrent la fumée. La meilleure combustion sera assurée dans une enceinte à haute température et à grand volume, deux conditions qui se trouvent rarement réunies dans les foyers actuels.

A l'heure présente, les multiples foyers proposés peuvent se ramener à l'une des classes suivantes :

1° Foyers à pelletage; 2° Foyers à barreaux mobiles longitudinaux; 3° Foyers à gradins (barreaux mobiles transversaux); 4° Chaines sans fin; 5° Plateaux sans fin; 6° Foyers à alimentation et à combustion renversées; 7° Foyers à combustions séparées.

Aujourd'hui, tous les foyers automatiques possèdent la voûte réfractaire qui procure une bonne combustion et une fumivorté satisfaisante, et le barreau mobile qui assure le déchargement des barreaux et le broyage des mâchefers. Les points faibles sont le déchargement automatique, la bonne distribution du charbon et le réglage de l'air.

La solution la plus rationnelle est celle qui est offerte par la catégorie des appareils à « combustions séparées », c'est-à-dire ceux où la distillation et la combustion des matières volatiles se font séparément de la gazéification et de la combustion du coke restant (foyer Américain Murphy et foyer Savary).

(Communication de M. J. Izart, à la Soc. des Ingénieurs Civils, 2 juin 1911.)

TRAVAUX PUBLICS

L'échappement des gaz dans les cheminées d'usines. — Les acides contenus dans le gaz de combustion exercent une action nocive sur les végétations avoisinantes.

Cette action est très atténuée lorsque les acides sont suffisamment dilués dans l'air; leur dilution peut être obtenue d'une façon satisfaisante en disposant d'une façon convenable une série d'ouvertures au sommet de la cheminée, qui se termine alors par une sorte de grillage en maçonnerie comme l'indique la figure 1.

(Communication de M. Wislicenus au Dresdner Bezirksverein deutscher Ingenieure, 9 mars 1911.)

La durée des traverses des chemins de fer. — La statistique montre que les traverses métalliques du poids de 58 kg 3 employées par l'Etat prussien, ont une durée de vie d'environ quinze ans qui ne dépasse pas celle des traverses en pin goudronnées. Les traverses métalliques badoises de 70 kg ont une durée d'environ seize ans. L'emploi des traverses en fer d'un prix de revient beaucoup plus élevé que celui des traverses en bois ne semble donc pas se justifier.

(Communication de M. H. Biedermann, au Verein für Eisenbahnkunde, 9 mai 1911.)

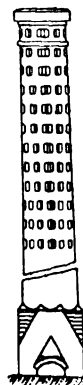


FIG. 1.

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

QUESTIONS ÉCONOMIQUES

Les phosphates en Egypte.

Depuis 1896, on a découvert en Egypte des gisements importants de phosphates de teintes variant du gris clair au brun jaunâtre. Ils sont constitués surtout d'os fossiles, tels que vertèbres et dents de poissons, mélangés de coprolithes⁽¹⁾ et de carbonate de chaux. On y trouve aussi des silicates, des composés de fer et d'aluminium.

Gisements de la vallée du Nil. — Des phosphates ont été découverts dans la vallée du Nil, à Sebahia, au sud d'Esna, et sur le plateau de Jebel el Qurm. Le point du chemin de fer le plus rapproché de ces derniers gisements est à environ 10 km, et l'on propose un chemin de fer à voie étroite au moyen duquel les phosphates pourraient être amenés jusqu'au Nil.

Des échantillons contenant 70 % de phosphate tricalcique ont été obtenus à Sebahia. Dans les environs de Quena, les gisements s'étendent sur une superficie d'environ 25 km depuis la base de Jebel Serrai et l'extrémité du sud de Abu Had, avec une largeur moyenne de 1 km. Quoiqu'il paraisse y avoir à cet endroit de grandes couches de phosphates à bonne teneur, des qualités titrant 70 % de phosphate tricalcique n'ont pas encore été trouvées.

Gisements des collines de la Mer Rouge. — Des couches contenant des phosphates existent sur le versant oriental des collines de la Mer Rouge, dans les Duwi Hills et près de Wadi Safaja, d'où part une bonne route vers la mer. On se prépare à exploiter ces gisements, et un chemin de fer à voie étroite est en construction.

La couche de phosphate réapparaît ensuite un peu au sud de Qossier, mais elle est fortement recouverte de pierres calcaires.

Gisements de l'oasis de Dakkla. — Ces gisements s'étendent sous tout l'oasis de Dakkla, depuis Qasr Dakkla à l'ouest, jusqu'à Tenid à l'est, et sur une distance d'environ 50 km. L'épaisseur moyenne de la couche varie entre 2 m et 3 m. Sur toute l'étendue de la limite du désert, bordant les champs cultivés de Qasr Dakkla, Birbaya, Rashida et Hindan, ces couches pourraient être exploitées facilement.

Il semble qu'en général, dans les gisements égyptiens de phosphates, les roches contiennent entre 40 % et 50 % de phosphate tricalcique, mais exceptionnellement des échantillons ont donné plus de 70 %.

Les phosphates au Tonkin.

Le pharmacien-major Dureigne a signalé⁽²⁾ l'existence des phosphates au Tonkin, dans les provinces de Lang-Son, Thai-Nguyen, Ninh-Binh, Thanh-Hoa, Vinh, Hai-Duong, etc.

Des filons, amas ou poches ont été mis à jour sur certains points où les phosphates se présentent sous l'état de phosphorites, en blocs tantôt compacts, tantôt feuilletés, de grosseurs très variables, quelquefois entourés d'une sorte de marne argileuse, laquelle n'est pas exempte de phosphates.

Des blocs pris à des endroits différents ont

(1) Déjections minéralisées (pétrifiées) d'animaux fossiles.

(2) Bulletin économique du gouvernement général de l'Indo-Chine.

donné aux analyses faites par M. Dureigne (Procédé C. Glaser) :

PHOSPHATE TRICALCIQUE

22,40 % de P ₂ O ₅	48,83 %
31,65 —	69,04 %
34,80 —	75,85 %
16,00 —	34,90 %
25,20 —	55,00 %
28,50 —	62,10 %
27,80 —	60,60 %

Des échantillons de 4 kg à 10 kg choisis ont donné jusqu'à 37,20 % et 37,60 % d'anhydride phosphorique, soit 81 % et 82 % de phosphate tricalcique.

L'électricité dans les mines au Mexique.

L'électricité semble devoir prendre une grande extension dans l'exploitation minière du Mexique. En voici quelques exemples :

Une importante mine est en construction sur le fleuve Conchas, près de Santa Rosalia (Etat de Chihuahua) ; elle transmettra la puissance aux districts miniers de Santa-Eulalia et de Parral.

Une autre usine électrique sera installée sur le fleuve Mayo, près d'Alamos (Etat de Sonora). On en projette une autre à Sonora, dans le but de transmettre la force dans la région du fleuve Altar.

On a aussi formé le projet d'installer une usine à Puente Grande, sur le fleuve Santiago, près de Guadalajara, avec câbles de transmission électrique aboutissant aux districts miniers d'Etzatlan et d'Hostotipaquillo. On construirait une digue sur le lac Chapala et un chemin de fer électrique irait des mines de Las Playas à Topettaya, dans le district de Guanajuato.

Enfin, un établissement hydro-électrique de 10 000 chevaux de capacité génératrice sera construit dans l'Etat de Hidalgo et de nombreuses sources seront prochainement captées dans le but de fournir de l'énergie à plusieurs usines.

Le pétrole et le charbon pour la propulsion des navires.

Il y a quelques années, le Lloyd de Trieste (Autriche) essaya de substituer le pétrole brut au charbon pour la propulsion de ses bateaux. Le premier essai tenté à bord de la *Bohème* avait pour but d'obtenir la force motrice nécessaire pour la manœuvre des grues et des treuils. Un nouvel essai plus important fut fait sur l'*Almissa*.

On constata que l'emploi du pétrole présentait les avantages suivants :

- 1° Diminution du personnel employé au service des chaudières ;
- 2° Travail plus facile pour les chauffeurs et moins coûteux ;
- 3° Espace plus réduit pour l'emménagement du combustible ;
- 4° Nettoyage meilleur et plus facile des chaudières ;
- 5° Economie de 25 % à 35 % en ce qui concerne le nettoyage du vaisseau ;
- 6° Facilité et rapidité d'approvisionnement du combustible et économie sur le prix du pétrole par rapport à celui du charbon.

Mais bientôt, l'augmentation du prix du pétrole et les difficultés d'embarquement de ce combustible, qui ne pouvait être chargé que sur le môle Joséphine (de Trieste), conduisirent le Lloyd à revenir au charbon. Ces diffi-

cultés ont dû disparaître maintenant, puisque le Lloyd a conclu récemment des marchés avec des Sociétés pétrolières en vue de la fourniture du combustible liquide. Plusieurs bateaux-citernes seront construits ; on les munira de pompes.

STATISTIQUES

Production de la fonte et de l'acier en France en 1910.

La production totale de la fonte en France en 1910 a été de 4 032 000 t. contre 3 574 000 t. seulement en 1909 et 2 714 000 t. en 1900. En 1884, la production française n'atteignait que 1 872 000 t. La progression est donc considérable, et cependant la France n'arrive qu'au quatrième rang dans la production mondiale avec une proportion de 7 % seulement pour l'ensemble. Voici d'ailleurs la classification des principaux pays producteurs de fonte pour 1909-1910 :

Etats-Unis	27 200 000 t
Allemagne et Luxembourg	14 800 000
Angleterre	9 664 287
France	4 032 459
Russie	2 817 000
Belgique	1 803 500
Autriche-Hongrie	1 775 000
Canada	737 162
Suède	443 000
Espagne	403 554
Italie	207 800
Japon	51 943
Bosnie-Herzégovine	51 652
Australie	30 000

Total général 64 000 000 t

Le département de Meurthe-et-Moselle (basin de Briey) fournit maintenant 70 % de la fonte française, soit 2 756 212 t. Viennent ensuite :

Nord	405 174 t
Pas-de-Calais (Isbergues)	169 581
Saône-et-Loire (Le Creusot)	121 111
Gard (Alais)	81 306
Landes (Boucau)	53 171
Loire-Inférieure (Trignac)	67 882
Aveyron (Decazeville)	64 389
Isère (Chasse, Allevard)	53 266
Haute-Marne (Marnaval)	45 374
Gironde (Pauillac)	40 000
Lot-et-Garonne (Fumel)	34 238
Loire (Firminy)	33 668
Ariège (Pamiers)	26 321
Rhône (Givors)	15 730
Savoie	15 403
Allier (Montluçon)	13 253
Tarn (Saint-Juéry)	10 936
Pyrénées-Orientales (Ria)	5 003
Haute-Savoie	2 020
Dordogne (Savignac-Ledrier)	442

La production totale de fonte se décompose comme suit, suivant les qualités obtenues :

Fontes Thomas	2 549 908 t
— de moulage	760 622
— d'affinage	556 767
— Bessemer	104 966
— spéciales	60 196

La production de l'acier fondu en lingots, en France, en 1910, a été de 3 506 500 t. soit 467 451 t. de plus qu'en 1909. La Meurthe-et-Moselle en fournit près de la moitié : 1 688 535 t. dont 80 161 t. seulement d'acier Martin, le reste étant de l'acier Thomas. Le Nord a donné : 680 025 t. qui se partagent à peu près également entre les aciers Thomas et Martin, ce

	ACIER Martin	ACIER Thomas	ACIER Bessemer	ACIER au creuset électrique	TOTAL
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Saône-et-Loire (Le Creusot)	123.328	71.085	303	837	195.553
Pas-de-Calais (Isbergues)	162.464	672	769	15.516	179.421
Loire-Inférieure (Trignac)	20.562	92.517	1.200	"	114.479
Ardenne	98.378	"	605	"	98.983
Gard (Alais)	49.760	38.975	"	"	88.735
Aveyron (Decazeville)	47.610	"	35.455	"	83.065
Landes (Boucau)	24.583	42.701	"	"	67.284
Allier (Montluçon)	17.092	"	42.636	"	59.727
Seine (Saint-Denis)	47.400	"	"	620	48.020
Morbihan (Hennebont)	41.350	1.245	1.632	55	44.282
Haute-Marne	81.267	"	"	"	31.267
	29.583	"	695	"	30.278

nombreux essais ont été faits pour arriver à la meilleure forme. La jante avec rebord a pris sa forme qui paraît définitive en 1886 ; le rebord dans les derniers modèles de 1909 a été abaissé à 25 mm. La roue de fonte a été longtemps suffisante, mais aujourd'hui, en raison des poids de chargement qui peuvent atteindre jusqu'à 45 000 kg, la roue en fonte ne semble plus convenir aux wagons à marchandises ou à voyageurs. Son poids a été cependant accru et porté à 226, 272, 317 et même 340 kg. Les effets d'échauffement par le frein peuvent aussi bien y déterminer des brisures, ce qui est prouvé par les accidents qui se produisent plutôt dans les roues des chemins de fer de montagne. Les efforts auxquels sont soumises les roues sont très difficiles à préciser et mal connus. Le procédé Hamilton a donné aux roues plus de solidité en diminuant la proportion de silice dans la fonte. Les essais ont montré que la meilleure fonte grise doit contenir de 0,53 % à 0,55 % de silice et 0,70 % à 0,78 % de carbone. La question des roues est plutôt importante au point de vue financier que mécanique, car les roues d'acier d'une seule pièce en service depuis de nombreuses années ont toujours donné des résultats excellents et concluants. Le seul obstacle à leur emploi, c'est leur prix. On peut considérer d'ailleurs que la roue en fonte continuera à fournir un bon service dans les wagons qui ont une capacité ne dépassant pas 27 000 kg.

M. R. Abt signale quelques chemins de fer de montagne et à crémaillère. La première idée du chemin de fer à crémaillère date de 1811. L'application en fut faite par John Blenkinsop, pour un transport de charbon aux mines de Middleton, près de Leeds. Une seconde application ne fut faite que vingt-cinq ans plus tard en Amérique, sur un train de chemin de fer entre Madison et Indianapolis. La crémaillère était placée entre les deux rails. En 1866, un autre Américain, Marsh, mit à profit la crémaillère pour l'ascension d'un train de voyageurs à très forte pente. Un chemin de fer de montagne dans un but du tourisme fut établi, d'après le système Marsh, sur les Montagnes Blanches, aux Etats-Unis. Les Suisses suivirent l'exemple au mont Righi. Ils ont eu des imitateurs en Autriche-Hongrie et en Allemagne. Puis on a trouvé le moyen de gravir des pentes de 7 % avec l'adhérence seule. Le système Abt utilise l'adhérence au-dessus de 7 %, mais en se servant en même temps de la crémaillère entre rails, de telle sorte que la crémaillère joue le rôle du cheval de renfort attelé à la diligence aux passages difficiles. Ce système est appliqué dans le chemin de fer du Harz. Pour atteindre le sommet du mont Pilate, on a créé un chemin de fer qui gravit une pente de 48 %. Il y a aujourd'hui en service 150 chemins de fer à crémaillère. Le plus important est le chemin de fer d'Arica en Bolivie faisant la traversée des Andes à la Paz.

Les crémaillères sur une ligne de 400 km ont une longueur de 35 km. Par adhérence, on obtient des tractions de 8 à 10 000 kg et par l'adhérence jointe à la crémaillère, la puissance de traction s'élève de 18 à 20 000 kg.

M. Springer fait un exposé des diverses méthodes appliquées pour la construction des tunnels de New-York, passant sous le fleuve. M. C. Gribbie étudie la flexion des traverses de ponts de chemins de fer ; M. S. Hodgins, la consolidation des ponts de chemins de fer en Amérique ; M. R. Emerson, les différents systèmes employés pour le chargement rapide et économique du charbon dans les 60 000 locomotives des Etats-Unis qui en consomment annuellement 100 millions de tonnes.

Norbert LALLIÉ.

département n'ayant produit que 25 800 t d'acier Bessemer.
Viennent ensuite les départements mentionnés dans le tableau qui précède :

Les marines militaires des grandes puissances en 1911.

	GR.-BRETAGNE	FRANCE	RUSSIE	ALLEMAGNE	ITALIE	AUTR.-HONGRIE	ETATS-UNIS	JAPON
Bâtiments en service.								
Cuirassés d'escadre	53	17	7	32	9	11	29	15
Cuirassés de croisière	—	7	2	4	—	—	9	—
Croiseurs cuirassés	38	20	4	10	10	3	15	13
Croiseurs (1 ^{re} cl.)	18	5	7	—	—	—	3	2
Croiseurs (2 ^e cl.)	36	5	2	24	2	3	16	11
Croiseurs protégés (3 ^e cl.)	16	7	2	11	11	3	—	6
Croiseurs non protégés	3	—	—	8	—	3	3	6
Scouts	8	—	—	—	—	—	3	—
Torpilleurs de haute mer	25	2	4	1	5	11	2	4
Contre-torpil.	177	63	97	92	23	12	36	57
Torpilleurs	110	191	44	80	82	73	28	57
Sous-marins	62	58	30	8	7	4	18	9
Bâtiments en construction.								
Cuirassés d'escadre	10	8	7	9	4	5	6	2
Croiseurs cuirassés	5	1	2	3	—	—	—	1
Croiseurs protégés de 2 ^e classe	9	—	—	6	—	3	—	3
Croiseurs non protégés	3	—	—	—	—	—	—	—
Scouts	—	—	—	—	3	—	—	—
Convoyeurs de sous-marins	1	—	—	—	—	—	—	—
Contre-torpil.	28	21	1	17	10	6	10	1
Torpilleurs	—	—	—	—	30	—	—	—
Sous-marins	12	23	—	—	13	2	17	4

La production universelle du pétrole en 1909.

Le rapport de M. le Dr David Day, directeur du Service géologique des Etats-Unis, donne les chiffres de la production universelle du pétrole en 1909. Nous les résumons ci-après en les comparant à ceux de 1908 :

	1909	1908	% DU TOTAL de la production
	t.	t.	
Etats-Unis	24 284 570	23 942 997	60,92
Russie	8 853 232	8 291 526	22,21
Galicie	2 076 740	1 754 022	5,23
Indes Néerland.	1 474 751	1 143 243	3,70
A reporter	36 689 293	35 131 788	92,06

	1909	1908	% DU TOTAL de la production
	t.	t.	
Roumanie	36 689 293	35 131 788	92,06
Indes anglaises	1 297 257	1 147 727	3,25
Mexique	890 202	672 938	2,22
Japon	331 832	464 188	0,83
Pérou	268 321	276 124	0,67
Allemagne	175 482	134 824	0,44
Canada	143 244	141 900	0,36
Italie	56 101	70 400	0,14
Autres Etats (environ)	6 954	8 344	0,03
Total	4 000	4 000	100

TECHNOLOGIE INDUSTRIELLE

Les Locomotives américaines modernes. (Suite et fin) (1).

En 1895, une locomotive de 96 t fut construite pour la traction de trains chargés dans le tunnel de Baltimore ; elle était actionnée par quatre moteurs de 369 H. P. du type Raffard-Ikott à six pôles et courant continu. Ce fut le premier exemple d'une locomotive électrique de grande puissance. En 1901, une locomotive de 1 000 H. P. avec moteurs de 250 H. P. et courant triphasé, est mise en service en Italie pour les trains de marchandises. Les locomotives électriques construites en Angleterre fonctionnent avec engrenages. La force de ces moteurs ne peut guère dépasser pratiquement 400 chevaux. Afin d'avoir une plus grande puissance, on multiplie les moteurs ou on accouple plusieurs locomotives. Pour augmenter la force des moteurs sans être gêné dans leur placement sur la locomotive, on a été amené à employer des moteurs électriques avec ou sans engrenages qui actionnent les roues par l'intermédiaire des bielles et manivelles ; les locomotives de ce type se rapprochent ainsi à certains égards des locomotives ordinaires à vapeur. On élève en même temps leur centre de gravité, ce qui est avantageux pour la voie suivant les observations faites dans la pratique des locomotives à vapeur. Le moteur se trouve par suite mieux à l'abri de la poussière et des chocs. En Amérique, où la limite de charge des essieux est élevée, on place un moteur électrique de 2 000 chevaux pour actionner deux essieux. La locomotive électrique paraît appelée à rendre des services tout particulièrement dans la traversée des tunnels et pour les pentes rapides.

M. G. Fowler expose les modifications qui sont en train de s'introduire dans la construction des roues de voitures de chemins de fer. Les roues employées dans les chemins de fer américains sont au nombre d'environ 18 millions. Elles sont presque toutes en fonte. De

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 4 (Avril 1911), p. 259 ; n° 5 (Mai 1911), p. 323, et n° 6 (Juin 1911), p. 387.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES DES OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS

Aéroplane (Technique de l'), par J. RAIBAUD, capitaine d'artillerie, sous-directeur de l'Établissement d'aviation militaire de Vincennes. — 1 vol. gr. in-18 Jésus, cartonné toile, de 300 pages, avec 61 figures, dont 21 photographies dans le texte, 5 fr. (O. Doin et fils, éditeurs. Paris, 1911.)

La littérature de l'aéroplane est aujourd'hui très touffue. Toutefois, un certain nombre de publications se distinguent par leur caractère vraiment scientifique; l'ouvrage que publie M. J. Raibaud est parmi ces derniers. L'auteur connaît toutes les difficultés qui se présentent lorsqu'on veut appliquer les principes de la mécanique à l'étude de l'équilibre et de la stabilité des aéroplanes. Le grand mérite de son livre est de montrer la voie que l'on devra suivre pour arriver à la solution de telles questions, lorsque l'étude expérimentale de la résistance de l'air et des forces auxquelles l'appareil est soumis dans son vol seront assez avancées. L'auteur ne se fait pas illusion sur la valeur des approximations introduites dans les équations pour arriver à une intégration souvent inutile; il fait avec raison justice de ces théories élémentaires ultra simplifiées, qui servent uniquement à montrer l'habileté de l'auteur à manier les équations. La voie suivie par M. le capitaine J. Raibaud est la seule utile; établir les équations générales du mouvement de l'aéroplane, montrer ce que doit nous fournir l'expérimentation, bien préciser les hypothèses que l'on est actuellement obligé de faire pour tirer des équations générales quelques renseignements intéressant la pratique. Ainsi présentée, la théorie n'est plus un instrument inutile pour le praticien; il sait dans quel sens il doit diriger ses investigations pour établir d'une façon rationnelle la construction de l'aéroplane. Ce n'est pas à dire que de tels renseignements doivent être rapidement obtenus; ils nécessiteront de nombreuses recherches combinées dans les laboratoires d'aérodynamique et chez les constructeurs. Mais lorsqu'on aura précisé les points douteux ou inconnus, l'analyse de M. J. Raibaud permettra d'établir cette théorie de l'aéroplane, qui n'est actuellement qu'une ébauche.

L'ouvrage de M. J. Raibaud débute par une description générale des organes de l'aéroplane; là, l'esprit précis et critique de l'auteur s'allie à la pratique du technicien, qui connaît bien les qualités et les défauts des divers types actuellement employés. L'étude de la résistance de l'air et des hélices donne à M. Raibaud l'occasion de quelques remarques intéressantes; il se demande avec raison si les actions d'un fluide sur un corps plongé à son intérieur et en mouvement relatif par rapport à lui ne dépendent vraiment que de la vitesse relative: les assertions d'expérimentateurs comme du Buat et le colonel Duchein lui semblent avec raison dignes d'être vérifiées de nouveau. M. J. Raibaud montre d'autre part toutes les imperfections des théories de l'hélice et la nécessité de recherches expérimentales nombreuses et suivies.

En résumé, cet ouvrage fait grand honneur au brillant collaborateur du colonel Estienne, qui a su, en peu de temps, faire de l'école d'aviation militaire de Vincennes un centre d'études théoriques et pratiques dont l'activité tend à se manifester dans les divers domaines qui intéressent la nouvelle locomotion.

L. MARCHIS,
Professeur d'Aviation à la Faculté
des Sciences de Paris.

Astrolabe à prisme (Description et usage de l'), par A. CLAUDE, membre adjoint du Bureau des Longitudes, et L. DRIENCOURT, ingénieur hydrographe en chef de la Marine. — In-8° (22×16) de xxx-392 pages, avec 35 figures et 7 planches; 1910. Cartonné, 15 fr. (Gauthier-Villars, éditeur. Paris, 1910.)

Cet ouvrage est consacré à l'étude théorique et pratique de l'astrolabe à prisme qui est devenu un instrument d'usage courant. Les auteurs étudient les points suivants: Principe de l'astrolabe à prisme. Description de l'instrument type Vion. Marche des images dans le champ de l'astrolabe. Instruments de M. Jobin. Marche des images dans le champ des instruments; marche des images directe et réfléchie. Méthode des hauteurs pour la détermination de la latitude et de l'heure locale. Problème général des hauteurs égales. Calcul des points déterminatifs et des azimuts. Construction graphique. Détermination de l'heure. Détermination des longitudes géographiques. Emploi du calcul. Emploi de tables ou de nomogrammes. Pratique des observations et des calculs. Calculs de positions moyennes. Calcul d'une série d'observations. Construction d'une table d'angles horaires. Recherche d'une étoile inconnue observée. Détermination d'une longitude par des hauteurs égales de Lune et d'étoiles. — M. O.

La France au Travail: 1° Lyon, Saint-Etienne, Dijon, Grenoble par V. CAMBON, ingénieur des Arts et Manufactures. 1 vol. in-8° écu, 256 p., 20 pl. hors texte, 1 carte: 4 francs. (Roger et C^{ie}, éditeurs. Paris, 1911.)

Le premier volume de *La France au Travail* comprend Lyon et la région s'étendant le long du Rhône et de la Saône, au nord de la Provence, entre les Cévennes et les Alpes, pays de la soie, des mines, de la métallurgie, des vignobles et de la houille blanche.

M. Victor Cambon, dont nos lecteurs ont pu apprécier le solide bon sens, a traité le sujet tantôt avec humour, tantôt avec une fine observation, mais toujours d'une façon instructive et dans un style pittoresque. Les industriels et les ingénieurs, et tous les hommes cultivés liront avec intérêt ce premier essai d'étude impartiale sur les ressources économiques d'une des principales régions industrielles de la France. — L. L.

Mémoires et documents pour servir à l'histoire du Commerce et de l'Industrie en France, publiés sous la direction de J. HAYEM. — 1 vol. in-8° de 253 pages, broché, 7 fr. 50. (Hachette et C^{ie}, éditeurs. Paris, 1911.)

Cet ouvrage est en quelque sorte le premier tome d'une histoire complète du Commerce et de l'Industrie en France, dans laquelle M. Hayem se propose de rassembler tous les matériaux épars. Dans ce volume, on trouvera d'intéressants renseignements sur l'industrie des draps en Languedoc, sur les grèves dans les temps modernes, la navigation et le commerce français dans la Méditerranée au XVII^e siècle, etc. Une telle œuvre mérite d'être encouragée et il faut souhaiter l'apparition prochaine de nouveaux volumes. — C. M.

Propriétaires et locataires (Des difficultés entre), par Em. GUILLOT, architecte. — In-8° de xiv-196 pages, 3 fr. 50. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1910.)

Ce manuel contient tout ce qui peut intéresser sur la location, en se bornant aux consi-

dérations générales, déduites d'une jurisprudence à peu près constante, sur de nombreuses espèces, et en synthétisant, le plus possible pour chaque cas, tous les éléments utiles.

On y trouvera de nombreux renseignements, modèles et tarifs sur certaines questions, spécialement étudiées, notamment: les baux, les contributions et taxes, les assurances, les obligations de police, la voirie, les états de lieux, les congés, les réparations locatives, les obligations modernes relatives au chauffage, à l'éclairage, aux ascenseurs, téléphone, automobiles et bicyclettes et tout ce qui a trait aux difficultés entre propriétaires et locataires. — D. A.

Topographie (Traité de), par A. PELLETAN, professeur à l'Ecole nationale supérieure des Mines. — 1 vol. in-8° de 528 pages, avec 347 fig. (Béranger, éditeur. Paris, 1911.)

L'excellent *Traité de Topographie* du regretté inspecteur général des Mines vient d'avoir une seconde édition. Plus étendue que la première, elle est divisée en deux parties: l'une traite des sciences nécessaires au topographe; l'autre des instruments et des méthodes de topographie. Dans cet ouvrage, entièrement refondu, le lecteur trouvera les progrès les plus récents de la topographie, notamment l'exposé complet de la photogrammétrie. On peut dire que le remarquable ouvrage de A. Pelletan constitue une œuvre entièrement nouvelle. — M. M.

Untersuchung und Nachweis organischer Farbstoffe auf spektroskopischem Wege. M. JAROSLAV FORMANEK, professeur à l'Ecole supérieure technique de Prague, et M. Eugène GRANDMOUGIN, professeur à l'Ecole de Chimie de Mulhouse. — 1 vol. in-8° broché de 164 pages, 3 figures et 6 planches, 10 marks (12 fr. 50). (Julius Springer, éditeur. Berlin, 1911.)

Ce volume est le premier fascicule de la seconde partie d'un intéressant et important traité sur l'analyse des matières colorantes organiques au moyen de la méthode spectroscopique. Il montre la grande précision que l'on peut obtenir dans les analyses industrielles au moyen de cette méthode rationnellement appliquée, et il donne des tableaux relatifs aux résultats pratiques concernant deux des classes des matières colorantes divisées en quatre grandes classes. — L. V.

Le Béton armé (système Hennebique). — 1 broch. in-8° de 32 pages avec figures.

Cet opuscule, édité par la maison Hennebique, montre les qualités essentielles des procédés de construction spéciaux qu'elle met en œuvre et dont les principales sont l'insonorité et la rapidité d'exécution; elle établit à cet égard un parallèle avec les constructions métalliques. En ce qui concerne la rapidité d'exécution, toute construction en béton armé peut être mise en exécution dès le lendemain de la commande. La brochure le prouve par des exemples typiques tirés notamment des travaux exécutés à l'Exposition Universelle de 1900.

Obtention des petits clichés. par J. CARTERON. — 1 vol. in-16. Prix: 0 fr. 60. (Mendel, éditeur. Paris, 1910.)

Le Gérant: E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imp., 1, rue Cassette.

La Technique Moderne

MÉTALLURGIE

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES TRAITEMENTS THERMIQUES

Nous nous proposons, dans ce mémoire, de rechercher, en partant de l'étude analytique des phénomènes d'échauffement et de refroidissement, envisagés à un point de vue purement physique, quelles sont les indications générales qui peuvent en être déduites et leur application à l'étude des traitements thermiques des produits métallurgiques.

I. — Propagation de la chaleur en régime non permanent.

C'est le cas d'une masse métallique prise à la température ordinaire V_0 et placée dans un four à température élevée V_1 . Comment va s'effectuer la propagation de la chaleur de la surface vers les couches centrales, avant que chacun des points de la masse ait atteint la température V_1 ?

On envisagera d'abord le problème à un point de vue purement physique, sans tenir compte des phénomènes physico-chimiques (changements d'état, etc.) provoqués par les variations de température. On considérera donc le métal comme un solide continu et isotrope.

CAS OU LES SURFACES ISOTHERMES SONT PLANES. — C'est le cas le plus simple. Il serait réalisé par un mur métallique de surface indéfinie, pris à une température initiale V_0 et dont l'une des faces serait maintenue à partir d'un certain instant à une température $V_1 > V_0$.

Nous admettrons avec Fourier que si V et $V + dV$ sont les températures de deux isothermes séparées par une distance infiniment petite dx (fig. 1), la quantité de chaleur dq , échangée pendant un temps dt infiniment petit entre ces deux isothermes et à travers un cylindre normal aux isothermes de section ω , a pour expression :

$$dq = -K\omega \frac{\partial V}{\partial x} dt,$$

K étant un coefficient de conductibilité que l'on peut supposer, dans une première approximation, indépendant de la température.

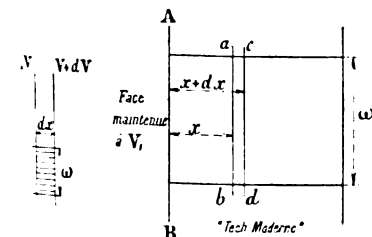


FIG. 1.

FIG. 2.

Dans le mur indéfini (fig. 2), considérons l'espace limité par la face AB et par un cylindre de section ω normal à cette face.

Soit V la température à l'instant t sur l'isotherme ab situé à distance x de AB. La quantité de chaleur qui entre par la section ab entre l'instant t et l'instant $t + dt$ est :

$$dq = -K\omega \frac{\partial V}{\partial x} dt.$$

La quantité de chaleur qui sort par la face cd est :

$$dq' = -K\omega \left[\frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} dx \right] dt.$$

La différence est :

$$dq'' = dq - dq' = K\omega \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} dx dt.$$

Cette quantité dq'' , retenue par le volume $(abcd)$, augmente sa température de $\frac{\partial V}{\partial t} dt$. Si C est la chaleur spécifique du corps considéré et δ sa densité, on a :

$$dq'' = C\delta\omega dx \frac{\partial V}{\partial t} dt.$$

Egalant les deux expressions de dq'' on a :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = \frac{C\delta}{K} \frac{\partial V}{\partial t}.$$

Équation différentielle à laquelle doit satisfaire la température V , fonction de x et de t .

INTÉGRATION. — Cette équation signifie, en langage ordinaire, que la vitesse d'échauffement $\frac{\partial V}{\partial t}$ est proportionnelle à $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$ que l'on pourrait appeler : l'accélération de propagation dans l'espace de la température V . On peut donc prévoir que, si t entre dans l'expression de V à une certaine puissance α , x doit y figurer à une puissance double 2α . D'autre part, l'examen purement physique du phénomène montre évidemment que si x croît, t restant invariable, V décroît, et quand t croît, x restant invariable, V croît; ce qui permet de prévoir que x et t doivent jouer des rôles inverses dans l'expression de V .

On est ainsi conduit à essayer d'exprimer V sous la forme :

$$V = f\left(\frac{x^2}{t}\right).$$

Cherchons une intégrale de la forme :

$$V = f(z); \text{ avec } z = \frac{x}{\sqrt{t}}$$

on a :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial V}{\partial x} = f'(z) \frac{\partial z}{\partial x} = f'(z) \frac{1}{\sqrt{t}} \\ \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = \frac{1}{\sqrt{t}} f''(z) \frac{\partial z}{\partial x} = f''(z) \cdot \frac{1}{t} \\ \frac{\partial V}{\partial t} = f'(z) \frac{\partial z}{\partial t} = -\frac{1}{2} f'(z) \frac{x}{t\sqrt{t}} \end{array} \right\}$$

Portons ces valeurs dans :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = \frac{C\delta}{K} \frac{\partial V}{\partial t};$$

on obtient :

$$f''(z) + \frac{C\delta}{2K} f'(z) \cdot z = 0;$$

ou :

$$\frac{f''(z)}{f'(z)} + \frac{C\delta}{2K} z = 0.$$

Ce qui donne en intégrant :

$$\log f'(z) + \frac{C\delta}{4K} z^2 = C_1$$

ou :

$$f'(z) = Ae^{-\frac{C\delta}{4K} z^2}$$

Intégrons de nouveau, on a :

$$V(x, t) = f(z) = A \int_0^z e^{-\frac{C\delta}{4K} z^2} dz + B.$$

Déterminons A et B de manière à vérifier les conditions initiales.

Pour

$$t = 0 : V(x, 0) = V_0; z = \frac{x}{0} = \infty;$$

on a :

$$V_0 = A \int_0^\infty e^{-\frac{C\delta}{4K} z^2} dz + B.$$

Pour

$$x = 0 : V(0, t) = V_1; \int_0^0 e^0 dz = 0$$

donc :

$$V_1 = B.$$

Pour calculer A, posons :

$$u^2 = \frac{C\delta}{4K} z^2; \text{ d'où : } du = \sqrt{\frac{C\delta}{4K}} dz$$

on a :

$$\int_0^\infty e^{-\frac{C\delta}{4K} z^2} dz = \sqrt{\frac{4K}{C\delta}} \int_0^\infty e^{-u^2} du = \sqrt{\frac{4K}{C\delta}} \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

car on sait que :

$$\int_0^\infty e^{-u^2} du = \frac{\sqrt{\pi}}{2}.$$

Pour $t = 0$, on a donc :

$$V_0 = \sqrt{\frac{4K}{C\delta}} \frac{\sqrt{\pi}}{2} A + V_1.$$

D'où l'on tire :

$$A = -[V_1 - V_0] \sqrt{\frac{C\delta}{K\pi}}.$$

L'expression de V est donc :

$$V(x, t) = V_1 - [V_1 - V_0] \sqrt{\frac{C\delta}{K\pi}} \int_0^z e^{-\frac{C\delta}{4K} z^2} dz$$

ou bien :

$$V(x, t) = V_1 - [V_1 - V_0] \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u e^{-u^2} du;$$

avec :

$$u = \sqrt{\frac{C\delta}{4K}} z.$$

L'intégrale :

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u e^{-u^2} du$$

est une intégrale connue qui intervient notamment dans le calcul des probabilités. Voici une table de quelques valeurs de cette fonction :

pour $t = 0$	on a $\Theta(u) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u e^{-u^2} du = 0$
— $t = 0,5$ — —	— = 0,5205
— $t = 1$ — —	— = 0,8427
— $t = 1,5$ — —	— = 0,9661
— $t = 2$ — —	— = 0,9953
— $t = 2,5$ — —	— = 0,99998
— $t = 3$ — —	— = 0,999999

On voit que $\Theta(u)$ tend très rapidement vers 1. C'est la surface plane limitée par la courbe :

$$y = \frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2}$$

Cette courbe et la courbe $y = \Theta(u)$ ont la forme générale indiquée figures 3 et 4.

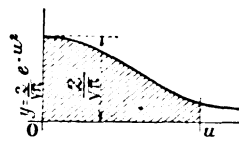


FIG. 3.

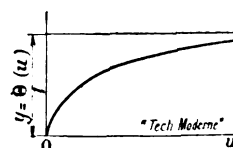


FIG. 4.

On pourrait théoriquement, en se donnant x et t et par suite :

$$u = \sqrt{\frac{C\delta}{4K}} \frac{x}{\sqrt{t}},$$

calculer au moyen des tables la valeur de $\Theta(u)$ et ainsi connaître la température $V(x, t)$ à la distance x de la face chauffée, au bout d'un temps de chauffage t .

Nota. — Pour le calcul numérique de u , il faut remarquer que :

1° C est le nombre de petites calories nécessaires pour élever de 1° un gramme du corps considéré;

2° K est, en petites calories, la quantité de chaleur transmise par seconde et par centimètre carré de surface à travers une lame de ce corps ayant 1 cm d'épaisseur et dont les deux faces ont des températures différant de 1°.

On devra par conséquent exprimer x en centimètres et t en secondes.

VARIATION DE V EN UN POINT DISTANT DE x DE LA SURFACE CHAUFFÉE :

$$\text{Pour } t = 0 \quad \frac{x}{\sqrt{t}} = \infty \quad \text{on a : } V = V_0$$

$$\text{— } t = \infty \quad \frac{x}{\sqrt{t}} = 0 \quad \text{on a : } V = V_1.$$

La courbe des valeurs de V en fonction de t , pour une valeur donnée de x est tangente à l'axe $V_0 t$ et asymptote à la droite $V = V_1$.

Les courbes correspondant aux valeurs $x_1 > x$ et $x_2 < x$ ont l'allure générale indiquée figure 5.

A la limite, pour $x = 0$ la courbe se réduit aux portions de droite $V_0 A$ et AH .

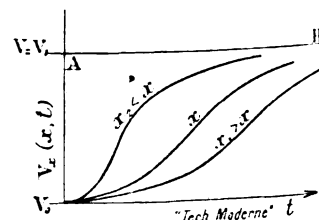


FIG. 5.

REMARQUES SUR LA VARIATION DE LA VITESSE D'ÉCHAUFFEMENT

$\frac{\partial V}{\partial t}$. — I. A une profondeur donnée x , la vitesse d'échauffement représentée par la tangente de l'angle que forme la tangente à la courbe V avec l'axe $V_0 t$ commence par croître avec t ; puis elle passe par un maximum, pour une certaine température W correspondant à un certain temps de chauffage θ (la courbe V a en ce point un point d'inflexion); ensuite $\frac{\partial V}{\partial t}$ décroît jusqu'à tendre vers 0 quand V tend vers V_1 .

Pour chaque couche d'un métal chauffé, il y a donc un instant où la vitesse d'échauffement passe par un maximum.

II. Soit la courbe $V(e, t)$ correspondant à une valeur donnée de la profondeur $x = e$.

Soit V_1 une température comprise entre V_0 et V_1 . On a :

$$V_1 = V_0 + [V_1 - V_0] \sqrt{\frac{C\delta}{K\pi}} \int_0^z e^{-\frac{C\delta}{4K} z^2} dz$$

avec :

$$z = \frac{e}{\sqrt{\theta}} = \lambda,$$

étant l'instant où l'horizontale $V = V_1$ coupe $V(e, t)$.

Proposons-nous de chercher à quel instant la température V_1 sera atteinte par la couche de profondeur $x = 2e$. On doit avoir :

$$\frac{2e}{\sqrt{\theta'}} = \frac{e}{\sqrt{\theta}} = \lambda \quad \text{d'où} \quad \theta' = 4\theta.$$

La courbe correspondant à $x = 2e$ se déduira de la courbe correspondant à $x = e$ en multipliant par 4 toutes les abscisses de celle-ci. En général, la courbe correspondant à $x = ne$ se déduira de la courbe correspondant à $x = e$ en multipliant toutes les abscisses par n^2 . On peut donc conclure que :

Les temps mis par les différentes couches pour atteindre une même température sont proportionnels aux carrés des profondeurs.

Fig. 6.

Soit (fig. 6) la droite $V = V_1 + \Delta V_1$. Elle coupe $V(e, t)$ en un point d'abscisse $\theta + 4\theta$ et $V(2e, t)$ en un point d'abscisse $4(\theta + 4\theta) = 4\theta + 16\theta$. La vitesse moyenne d'échauffement entre V_1 et $V_1 + \Delta V_1$ est donc, à la profondeur e : $\frac{\Delta V_1}{\Delta\theta}$; et à la profondeur $2e$: $\frac{\Delta V_1}{4\Delta\theta}$. A la limite on a donc :

$$\frac{\partial V_1(2e, t)}{\partial t} = \frac{1}{4} \frac{\partial V_1(e, t)}{\partial t};$$

et cela quel que soit V_1 . On peut donc énoncer la loi du carré des profondeurs de la manière suivante :

Les vitesses d'échauffement des différentes couches, à leur passage par une même température, sont en raison inverse des carrés des profondeurs.

Il s'en suit que : Les vitesses d'échauffement $\frac{\partial V}{\partial t}$ ont leur maximum pour une même température, à toutes les profondeurs.

III. Le gain de chaleur d'un élément de poids ω pendant un temps infiniment petit dt a pour expression :

$$dq = C\omega \frac{\partial V}{\partial t} dt \quad \text{d'où} \quad \frac{dq}{dt} = C\omega \frac{\partial V}{\partial t}.$$

Considérons deux éléments de même poids ω placés à des profondeurs e et $2l$. A une même température V , on a :

$$\frac{dq_{2e}}{dt} = C\omega \frac{\partial V(2e, t)}{\partial t} = \frac{1}{4} C\omega \frac{\partial V(e, t)}{\partial t};$$

donc :

$$\frac{dq_{2e}}{dt} = \frac{1}{4} \frac{dq_e}{dt}.$$

Les vitesses de variation des quantités de chaleur emmagasinées par un même poids de métal et à une même température sont, comme les vitesses d'échauffement, en raison inverse des carrés des profondeurs. Les temps mis par ces deux éléments pour absorber la même quantité de chaleur à la même température sont en raison directe des carrés des profondeurs.

CONSEQUENCES DES REMARQUES PRÉCÉDENTES. — Les phénomènes chimiques ou physiques tels que la dilatation, les changements d'état, les cristallisations, les modifications diverses d'équilibre interne qui résultent du changement d'équilibre thermique d'une masse métallique dépendent, en général, de la température et de la vitesse de variation de cette température. On voit, d'après les remarques qui précèdent, dans quelle mesure importante l'intensité et le mode de production de ces phénomènes pourront varier, suivant la profondeur de la couche considérée et suivant la valeur des températures initiale et finale.

Prenons, par exemple, la dilatation d'un métal qui n'a pas de points de transformation; soit l_0 la longueur initiale d'un élément pris sur une couche déterminée.

A la température V , on a :

$$l = l_0(1 + \lambda V + \mu V^2)$$

différencions :

$$dl = l_0[\lambda dV + 2\mu V dV]$$

d'où :

$$\frac{dl}{dt} = l_0 \left[\lambda \frac{\partial V}{\partial t} + 2\mu V \frac{\partial V}{\partial t} \right].$$

La vitesse de dilatation linéaire dépend à la fois de V et de $\frac{\partial V}{\partial t}$. Elle variera donc avec le temps pour une couche déterminée.

La valeur maximum qu'elle pourra atteindre variera avec les conditions de température initiale et finale V_0 et V_1 .

Ce maximum sera d'autant plus élevé que $V_1 - V_0$ sera plus grand. Dans deux couches différentes, les vitesses de dilatation linéaire à une même température V varieront comme les carrés des profondeurs.

Un phénomène peut dépendre de V et de $\frac{\partial V}{\partial t}$ de deux manières différentes :

1° Le phénomène se produit pourvu qu'une certaine température V soit réalisée, et la vitesse $\frac{\partial V}{\partial t}$ n'influe que sur l'intensité du phénomène. Dans ce cas, la production du phénomène en chaque point dépendra (au point de vue de son intensité et de sa réalisation plus ou moins rapide et complète) des valeurs de V_0 et V_1 . Elle pourra varier, en outre, dans une large mesure, suivant la profondeur, pour des valeurs données V_0 et V_1 ;

2° Pour que le phénomène se produise, il faut une certaine température V combinée avec une certaine vitesse $\frac{\partial V}{\partial t}$. Dans ce cas, pour des valeurs données de V_0 et V_1 , le phénomène se produira à des températures différentes, aux différentes profondeurs de la masse métallique.

Dans tous les cas, il résulte de ce qui précède qu'une masse métallique ayant subi un réchauffage ou un refroidissement qui n'est pas très lent se trouve par le fait même dans un état d'hétérogénéité, au point de vue de l'équilibre interne physique et chimique; et, d'après la loi du carré des profondeurs, la différence entre les couches superficielles et les couches intérieures sera d'autant plus accentuée que la masse possède de plus grandes dimensions.

(A suivre.)

M. A.,

Ancien élève de l'École Polytechnique.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

LA CONSTRUCTION D'UNE LIGNE DE TRANSPORT D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DANS LA TRAVERSÉE DE LA COMMUNE DE MONTRAGON (TARN)

Le réseau qui alimente la commune de Montragon est une ramification de la ligne de transport d'énergie électrique de la Société Pyrénéenne dont a été décrite ici l'usine hydro-électrique d'Orlu (1).

CARACTÉRISTIQUE DE LA LIGNE TRAVERSANT LA COMMUNE DE MONTRAGON. — a) La ligne aérienne est constituée par trois fils

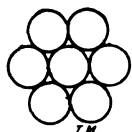


FIG. 1. — Section du câble à haute tension de 7 fils.

de cuivre nu du diamètre 4,5, soit 15 mm² de section. Les fils sont en bronze silicieux à 98 % de conductibilité donnant une résistivité maximum de 1 mich-cm 7 à 15° C et ayant une résistance à la rupture de 45 kgm par mm² de section. La fatigue maximum ne doit pas dépasser 8 kg par mm² de section (fig. 1).

b) Les isolateurs sont en porcelaine à triple cloche, éprouvés à 40 000 volts.

c) Les poteaux sont en fer profilé en U ayant les profils indiqués figure 2.

d) Les pylônes d'angle sont du poids de 600 kg environ. Les pylônes de la traversée du village de Montragon sont respectivement des poids suivants : 555 kg, 600 kg, 540 kg, 535 kg, 550 kg et 475 kg.

Le pylône n° 333 a 12^m,85 de hauteur totale, soit 11^m,35 de hauteur au-dessus du sol ; les dimensions du carré de la base sont de 0^m,81/0^m,81 ; les dimensions du carré du sommet sont de 0^m,26/0^m,26.

Le pylône n° 334 a 13^m,75 de hauteur totale et 12^m,25 de hauteur au-dessus du sol ; il pèse 540 kg.

e) L'énergie doit être transportée par courant triphasé à la

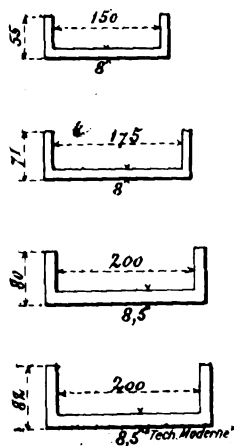


FIG. 2. — Profil des poteaux en fer.

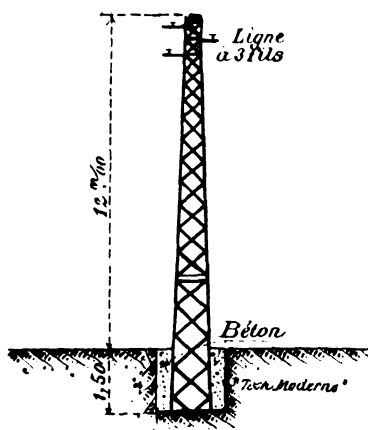


FIG. 3. — Elévation d'un pylône dans la traversée du village de Montragon.

tension de 9 500 volts ; la puissance maximum transportée est de 400 HP.

f) La longueur de la ligne dans la traversée de la commune de Montragon est de 3 950 m.

g) Dans la traversée de la commune, on compte 68 supports (fig. de 3 à 7).

Pylônes	8
Potelets	2
Poteaux du profil 200/80	23
Poteaux du profil 175/17	20
Poteaux du profil 150/55	15
Total des supports	68

Jambes d'arrêts de 5 m de longueur	9
Jambes d'arrêts de 8 m de longueur	2

h) La ligne entre dans la commune du côté Est à l'altitude de 165 m en traversant le ruisseau de Lezert ; le premier poteau

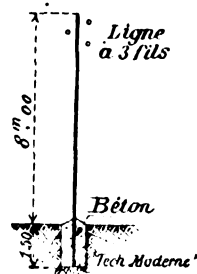


FIG. 4. — Poteau d'alignement droit.

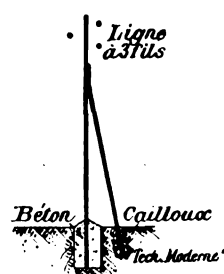


FIG. 5. — Poteau d'arrêt avec une jambe de force.

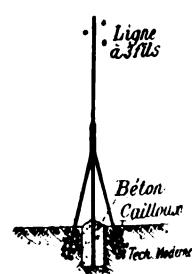


FIG. 6. — Poteau d'arrêt avec deux jambes de force.

à l'entrée de la commune porte le n° 291. La ligne traverse le hameau de la Gourdonnie (cote d'altitude : 208) ; elle contourne, du côté Sud, le village de Montragon (cote d'altitude : 190 ; la traversée du village est faite au moyen de six pylônes du poids total de 3 255 kg (fig. 3).

La ligne sort de la commune du côté Ouest en traversant le ruisseau de La Lauze à la cote d'altitude 165. Le dernier poteau porte le n° 357.

i) D'après la demande d'autorisation d'établir des conducteurs électriques de Brayle à Graulhet par Réalmont, le fil inférieur, en son point le plus bas, doit être distant du sol d'au moins 6 m, hauteur qui sera portée à 8 m au moins dans les traversées des routes et chemins.

La nouvelle circulaire du Ministre des Travaux publics, du 21 mars 1910, porte, à l'article 5, que le point le plus bas des conducteurs de la première catégorie a été abaissé à 6 m à la traversée des voies publiques, mais à la condition que le minimum de 6 m soit observé strictement.

Dans la traversée du village de Montragon, le fil inférieur se trouve en moyenne à 11 m au-dessus du sol ; il se compose de 7 fils, comme l'indique la figure 1. Au centre se trouve un fil sur lequel vient s'enrouler une série de 6 fils. Le premier fil occupe l'axe du câble ; il est tout droit. La zone suivante est

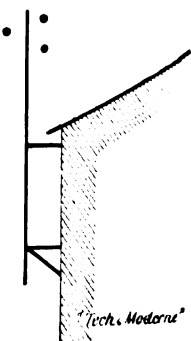


FIG. 7. — Potelet, mis à une maison du village, supportant la ligne à haute tension.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 10 (septembre 1909), p. 438.

torquée de gauche à droite; celle d'après, de droite à gauche, etc.

La ligne ne comporte pas de filets au-dessous des câbles, attendu que le filet a été déclaré nuisible, dangereux et inefficace (*Journal Officiel* du 26 mars 1910, page 2565, colonne 2). Les dispositifs destinés à le remplacer efficacement sont les suivants :

Diminutions des portées entre supports dans les agglomérations ;

Augmentation du coefficient de sécurité des ouvrages de la distribution, fils et pylônes.

Enfin, emploi, dans les postes de transformation, d'interrupteurs-disjoncteurs automatiques, qui fonctionnent dès qu'un fil est mis à terre ou touche un pylône : le courant est immédiatement interrompu, les craintes de danger deviennent donc pour ainsi dire nulles.

CALCUL DE LA LONGUEUR MOYENNE DU CÂBLE ENTRE DEUX SUPPORTS AVEC UNE FLÈCHE DE 1 M. — Dans la traversée de la commune de Montdragon, pour un parcours de 3 950 m nous avons 68 supports, soit 67 intervalles. La distance moyenne entre deux supports sera :

$$\frac{3\,950}{67} = 58^m,95.$$

Nous allons calculer la longueur du câble entre les deux supports, dans l'hypothèse que la courbe que prend le câble se rapproche de celle d'un arc de cercle ayant une corde de 58^m,95 (distance moyenne de deux supports) et une flèche de 1 m (fig. 8).

Pour calculer la longueur du câble, nous commençons

par calculer le rayon de l'arc en appliquant la formule :

$$R = \frac{m^2 + f^2}{2f}$$

dans laquelle :

$$m = \frac{58,95}{2} = 29^m,475 \quad f = 1 \text{ m}$$

$$R = \frac{29,475^2 + 1^2}{2 \times 1} = 434^m,90.$$

Calcul de l'angle AOB. — Dans le triangle rectangle DOB (fig. 8), nous avons DB = 29,475 et OD = R - 1 = 433^m,90.

$$\text{tg OBD} = \frac{OD}{DB} = \frac{433,90}{29,475} = 86^{\circ}6'$$

$$\text{angle AOB} = 2 \times (90^{\circ} - 86^{\circ}6') = 7^{\circ}48'$$

$$7^{\circ}48' = 468'.$$

Calcul de l'arc ACB :

$$\text{Arc ACB} = \frac{\pi \times 2 \times R \times \text{angle AOB}}{360 \times 60}$$

$$\text{Arc ACB} = \frac{3,1416 \times 2 \times 434,90 \times 468}{360 \times 60} = 59^m,20.$$

Donc la longueur du câble entre deux supports sera de 59^m,20.

La longueur totale d'un câble sera : 59^m,20 × 67 = 3966^m,40 plus 1 m pour les épissures, soit en compte rond 3968 m environ.

Pour les trois câbles de la ligne, la longueur totale sera : 3968 × 3 = 11 904 m.

ÉVALUATION DE L'INSTALLATION DE LA LIGNE POUR LA TRAVERSÉE DE LA COMMUNE DE MONTDRAGON.

	QUANTITÉS	PRIX unitaires	DÉPENSES
	kg	fr	fr
Pylônes :			
8 pylônes	4 455	0 40	1 782
Transport, fouilles, levage, béton, peinture	8	50	400
Poteaux :			
23 poteaux du profil 200/80 :			
23 × 9,50 = 218 ^m ,50.	kg		
218,50 × 24 kg.	5 244	"	"
20 poteaux du profil 175/17 :			
20 × 9,50 = 190 m			
190 × 20 kg.	3 800	"	"
15 poteaux du profil 150/55 :			
15 × 9,50 = 142 ^m ,50			
142,50 × 16 kg 500.	2 351	"	"
Jambes d'arrêts :			
9 jambes de force de 5 m.	45 m		
2 jambes de force de 8 m.	16 m		
Total	61 m		
45 × 16 kg 500.	742	"	"
16 × 20 kg.	320	"	"
Potelets :			
2 potelets	100	"	"
Total	12 557	12 557	0 23 2 878 11
Transport, levage, fouilles, béton, peinture	60	25	1 500
Isolateurs :			
Isolateurs haute tension, triple cloche, tête fendue 30 000 volts, compris l'isolateur avec la console à patte et les boulons et la mise en place :			
65 × 3 = 195			
3 × 6 = 18			
Total	213	213	13 2 769
Câbles :			
11 904 m du poids de 0 kg 140 au m :			
11 904 × 0,140 = 1 666 kg 560.	1 666 560	2 50	4 166 40
Pose des câbles	11 904	10	119 04
Ronces artificielles :			
68 × 1,50 = 102 m	102 m	0 035	3 57
Pose des ronces et des écriteaux	68 m	0 10	6 80
Inscriptions <i>Danger de mort</i>	68	0 05	3 40
Pour travaux imprévus	"	"	200
Total			13 828 32
L'installation de la ligne ressort à 13 828 fr 32 environ, soit :			
	13 828,32		
	3 950		= 3 500 fr le kilomètre.
Les supports reviennent à 6 560 fr., soit :			
	6 560		
	3 950		= 1 660 fr le kilomètre.
Les isolateurs reviennent à 2 769 fr., soit :			
	2 769		
	3 950		= 701 fr le kilomètre.

Les câbles reviennent à 4 285 fr. 44, soit :

$$\frac{4\,285,44}{3\,950} = 1\,084 \text{ fr le kilomètre.}$$

Poids du fer pour les supports :

Pylônes	4 455 kg
Poteaux	12 557 —
Total	17 012 kg

soit :

$$\frac{17\,012}{3\,950} = 4\,306 \text{ kg par kilomètre.}$$

Le village de Montdragon va être éclairé par 11 lampes municipales de 50 bougies.

Un petit transformateur⁽¹⁾ va être installé dans un local construit à l'ouest du village, et les fils électriques vont sillonner en tous sens le village portant la force et la lumière dans presque toutes les maisons.

La ligne de distribution de l'énergie électrique pour le village se compose de 5 fils :

3 fils venant du transformateur de la triphasée;

1 fil pour l'allumeur des lampes municipales, un système d'horlogerie ouvrant et fermant le courant à l'heure du coucher et du lever du soleil;

1 fil neutre pour le retour.

L'énergie sera fournie pour l'éclairage sous la tension de 130 volts.

Joseph LATOUR.

FILATURE ET TISSAGE

LA COMMANDE ÉLECTRIQUE DANS LES USINES TEXTILES

L'application de la commande électrique aux établissements textiles est d'origine relativement récente; son développement ne date, en effet, que de ces dernières années. Au début, les risques étaient si grands et les innovations proposées si radicales, que les progrès furent lents, mais les résultats de cette application ont été tellement satisfaisants qu'on ne peut douter de son extension future.

A l'heure actuelle, par exemple, l'ensemble des filatures du Lancashire⁽¹⁾ absorbe environ 500 000 HP; si, à ces 500 000 HP, on ajoute ceux absorbés par les établissements de tissage, de blanchiment, d'impression, de teinture et d'apprêts, on arrive à un chiffre supérieur à 1 000 000 de HP pour le Lancashire. En 1908, 5 % ou 6 % de ce nombre total de HP étaient fournis par l'électricité, et il est peu probable que, à l'heure présente, ce pourcentage se soit élevé jusque 10 %. — Le restant est fourni par la vapeur, et les installations génératrices sont de construction si récente et si perfectionnée qu'on ne peut songer à leur remplacement par des installations électriques avant dix ou vingt ans au moins.

Ce nombre considérable de HP offre donc un vaste champ à l'entreprise électrique, et dès lors l'étude des conditions à satisfaire, et des résultats qu'on peut obtenir est de la plus grande importance pour des ingénieurs électriciens.

C'est souvent une erreur que de supposer que l'application de la commande électrique se réduit simplement à des changements de courroies, de transmission et de commande. Certes, la commande électrique offre en général des moyens plus efficaces pour les transmissions de force, mais elle présente également d'autres avantages qui tous ont leur importance. C'est la nature et l'étendue des principaux de ces avantages que nous allons examiner ci-après.

LIMITE A LAQUELLE ON PEUT SE FIER A LA COMMANDE ÉLECTRIQUE. — On allègue souvent que, dans la commande par vapeur, il faut simplement éviter un accident au départ du mouvement comme source possible d'arrêt de l'usine, tandis que dans la commande électrique, chaque moteur en particulier devient un risque supplémentaire d'arrêt. Cette objection est sans fondement. Si, par exemple, dans une ligne de transmission,

un palier vient à gripper, le travail doit subir un arrêt temporaire complet; la rupture de câbles de commande, etc., provoque plus ou moins d'ennuis suivant les circonstances. Mais, d'autre part, dans la commande électrique, tout arrêt provenant d'un support, d'un arbre, d'un câble ou d'un moteur ne peut affecter que la machine ou le groupe de machines sous la dépendance du moteur. Le nombre total d'arrêts au bout de l'année, qui est le plus souvent insignifiant, est peut-être plus grand, par suite de la division de la commande, par groupes ou individuellement, suivant le cas, mais en retour, on a la garantie que le trouble produit ne porte que sur une machine ou un groupe de machines seulement.

RENDEMENT. — Le rendement élevé, depuis le générateur jusqu'à la machine, est un facteur très important en faveur de la commande électrique. Dans une installation de ce genre, il est aisé de mesurer très exactement la force absorbée à un endroit déterminé et, de cette façon, d'analyser complètement la consommation d'énergie; tandis que dans un établissement à transmission de mouvement purement mécanique, il est difficile d'effectuer des mesures de ce genre, qui d'ailleurs seraient d'une exactitude contestable.

(1) Oerlikon, n° 46026, estampillé : Primaire, 13 000 volts; secondaire, 125 volts; ampères, 92,5; périodes, 50.

Le transformateur a été mis en place le 30 juin monté en triangle, mais ce dispositif n'ayant donné que 75 volts, on l'a monté en étoile pour obtenir un voltage plus fort ($\sqrt{3}$ en plus).

Le relevé du voltage a été :

Le 30 juin 1911, 4 heures du soir	120 volts.
— 6 h. 30	129 —
— 7 heures	130 —
— 8 heures	132 —
— 130 —	
Le 1 ^{er} juillet 1911, 5 heures du matin	130 —
— 7 heures	120 —
— 8 heures	120 —

Dans la journée, lorsque les usines de Graulhet prennent la force pour la marche de leurs machines le voltmètre marque, à Montdragon, sur le secondaire 120 volts, et dans la nuit, après 6 heures du soir, lorsque les usines de Graulhet sont au repos, nous avons à Montdragon pour l'éclairage 130 volts.

(1) D'après l'Electrical Review, 23 et 30 septembre 1910.

Dans une installation à vapeur marchant sous charge légère, on peut déterminer la force totale absorbée par frottements. Mais la perte par frottement à charge complète, dans les conditions ordinaires du travail journalier, est totalement différente, et ne peut être mesurée par aucun moyen pratique. La force nécessaire pour actionner les machines, les principaux câbles, les arbres de transmission et les courroies (sauf les machines textiles), peut atteindre 20 % du nombre de HP indiqués à charge complète (pour un tissage, le chiffre correspondant est 25 %). Ce pourcentage représente donc la perte de force par frottements, à charge légère. En général, on peut admettre que, en charge normale, la perte de force par transmission par courroies et câbles est de 5 % à 7 % du nombre de HP indiqués. Dans une installation à commande électrique, le rendement des générateur, moteur, câbles, peut être pris égal à 95 %; par suite, le rendement total, depuis l'arbre du générateur jusqu'à l'arbre du moteur, est d'environ 85 %. Dans ce cas, si même la commande est donnée par groupes assez importants, l'ensemble de courroies et transmissions est beaucoup moindre que dans l'installation mécanique correspondante.

En tous cas, dans une commande électrique, les pertes par frottements dans les câbles, arbres de transmission, etc., ne dépasseraient pas 15 %. Dans ces conditions, le rendement total ne serait pas de beaucoup supérieur à celui du système mécanique, mais néanmoins on posséderait toujours le grand avantage de pouvoir, par des mesures périodiques, maintenir le rendement initial, tandis que dans le système mécanique, le rendement, élevé au début, décroît rapidement de 5, 15 % ou 20 %, par suite de détérioration des paliers et transmissions de mouvement. Ces augmentations de friction ne pourraient pas être isolées comme dans le système électrique, d'où impossibilité d'y remédier, bien que leur existence soit évidente par suite du fait de l'accroissement du nombre de HP indiqués, pour une production déterminée. Malgré les circonstances individuelles variant considérablement, on peut admettre, à l'heure actuelle, que les pertes par frottement, à vide ou en charge, dans les transmissions mécaniques et électriques, sont les suivantes :

	% DES HP INDIQUÉS A CHARGE COMPLÈTE	
	à vide	à charge normale
Commande mécanique.	de 20 à 30 % ou 50 %	de 30 à 50 % ou 60 %
Commande électrique.	de 15 à 20 %	de 25 à 30 %

La commande électrique, avec laquelle il est facile d'analyser exactement la force absorbée, permet d'isoler d'une manière aisée et certaine chaque source de non-rendement. M. W. B. Woodhouse cite un exemple frappant de ce fait : une perte de force par friction fut décelée dans les broches d'une série de machines; l'huile de graissage fut changée, et de la sorte on put réaliser une économie de 10 % de la force exigée par ces machines.

Type de moteur, variations de vitesse, commande par groupe et individuelle.

Nous devons considérer ici un certain nombre de facteurs reliés intimement entre eux, facteurs qui dépendent d'une série de principes importants dont l'appréciation et l'application déterminent en grande partie le bon fonctionnement d'une installation à commande électrique.

TYPE DE MOTEUR. — Le moteur le plus souvent employé pour la commande des machines textiles est le moteur triphasé à rotor en cage d'écureuil ou bobiné, suivant le cas. En général, les machines textiles exigent une commande douce à vitesse constante, suivant la nature du travail à effectuer et la résistance

relativement faible de la matière traitée. Cependant, certaines opérations nécessitent de temps en temps des variations de vitesse; mais, si ces vitesses sont respectivement n' , n'' , n''' , etc., le nombre de tours par minute restera le même pour chaque procédé; autrement dit, n' , n'' , n''' , etc., seront constants. Dans des conditions de charge données, la vitesse de ces moteurs à courant alternatif est déterminée par la fréquence d'alimentation; mais la vitesse des moteurs monophasés à collecteur est de beaucoup affectée par des facteurs étrangers, tels que la température des enroulements par exemple :

La vitesse d'un moteur triphasé descend rarement au-dessous de 2 % à 4 % de la vitesse synchrone, et, à

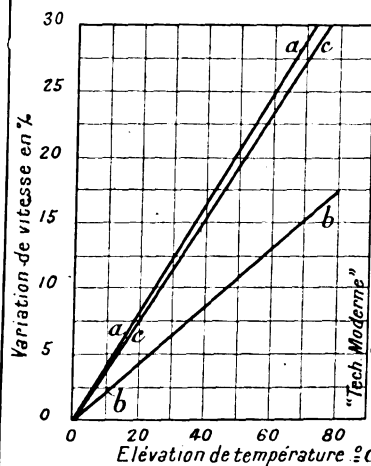


FIG. 1. — Courbes des variations de vitesse dans un moteur shunt.

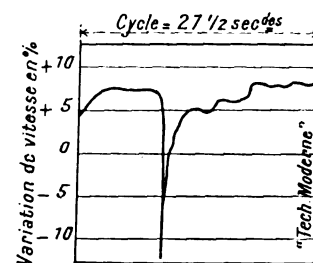


FIG. 2. — Courbe de variation de vitesse (mesurée à un métier) pour un groupe de 4 renvideurs commandé mécaniquement.

charge constante, cette classe de moteurs fournit pratiquement une vitesse constante (fig. 2 et 4).

Les variations de vitesse pouvant se produire dans un moteur shunt, et dues exclusivement à l'échauffement des enroulements, sont les suivantes (fig. 1) :

a) Supposons la tension appliquée aux enroulements constante et égale à v volts, les pôles non saturés.

Pour une augmentation de température des enroulements de

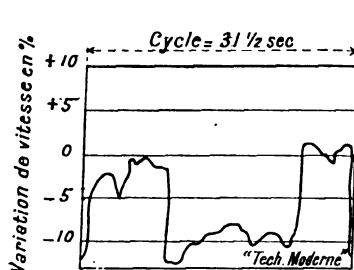


FIG. 3. — Courbe de variation de vitesse (mesurée à un métier) pour un groupe de 4 renvideurs commandé par un moteur triphasé.

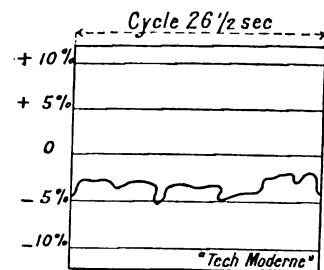


FIG. 4. — Courbe de variation de vitesse (mesurée à un métier) pour un groupe de 4 renvideurs commandé par un moteur monophasé.

$t^{\circ} C$, la vitesse passera de n' à n'' tours par minute, de telle sorte que :

$$(1) \quad n'' = n'(1 + 0,004 t)$$

le pourcentage d'augmentation de vitesse due à l'échauffement des enroulements du champ sera donc :

$$(2) \quad p = 0,40 t \quad (\text{courbe } a, \text{ fig. } 1).$$

b) Par suite de l'échauffement des enroulements de l'induit de t_1° , la force électromotrice restante du moteur doit choir de :

$$E' = V - cR'$$

$$\text{à } E'' = V - cR'(1 + 0,004 t_1).$$

Toutes autres conditions demeurant constantes, ceci implique :

$$n'' - n' = 0,004 t_c R' K,$$

K étant une constante.

Par conséquent, la diminution de vitesse en $\%$, due à l'échauffement des enroulements de l'induit est :

$$(3) \quad p' = \frac{0,4 t_c - c R_t}{V - c R_t} \quad (\text{courbe } b, \text{ fig. 1}).$$

D'où l'on tire [équations (2) et (3)] que l'augmentation nette de vitesse provoquée par l'élévation de la température des enroulements est :

$$P \text{ ‰} = p - p' \quad (\text{courbe } c, \text{ fig. 1}).$$

Pour montrer l'influence de ces facteurs, considérons un moteur de 400 volts, 70 ampères, résistance d'induit de 0^o 12 ohm. En admettant que les élévations de température respectives des enroulements du champ et de l'induit sont égales, on arrive à des valeurs de p , p' et P , indiquées dans le tableau I et la figure 1. Évidemment, si $t = t_c$, il suffit simplement de combiner les ordonnées de a et b (correspondant à t et t_c) pour obtenir la valeur approximative de P .

TABLEAU I.

ÉLÉVATION de la température en degrés C	$p \text{ ‰}$	$p' \text{ ‰}$	$P \text{ ‰}$
10	4	0,09	3,9
20	8	0,17	7,8
30	12	0,26	11,7
40	16	0,34	15,7
50	20	0,43	19,6
60	24	0,52	23,5
70	28	0,60	27,4

En règle générale, dans les conditions normales, le noyau du champ est très près de son point de saturation, et les variations de vitesse sont moindres qu'elles n'apparaissent d'après le tableau I. De plus, on a négligé l'influence de l'échauffement des balais, les fuites, etc., mais l'importance de ces facteurs secondaires est rarement élevée.

Dans un moteur shunt, le facteur échauffement cité plus haut peut amener une augmentation de vitesse de 8 $\%$ à 10 $\%$, tandis que, dans les moteurs triphasés en cage d'écureuil, il est facile de conserver la vitesse de 2 $\%$ aux environs du synchronisme.

En général, on dispose d'un embrayage à friction qui permet une mise en marche douce, des broches par exemple, et qui, d'autre part, soulage la charge du moteur. Quant aux risques d'incendie, ce sont les moteurs en cage d'écureuil avec démarrage automatique et embrayage à friction qui offrent le plus de sécurité. Ce dernier point est d'importance capitale, spécialement pendant les premières phases du travail; le coton est d'une inflammabilité extrême (notamment le voile fin détaché du peigneur de la carde et conduit vers les rouleaux attrapeurs qui forment le premier ruban).

Les moteurs triphasés sont généralement supérieurs aux moteurs monophasés quant au démarrage, à la facilité de manœuvre et à la confiance à leur accorder. Pour faire face aux exigences des applications textiles, on a établi récemment des moteurs triphasés, adaptés pour leur utilisation sur circuits monophasés; ces machines ne présentent pas les défauts ordinaires des moteurs monophasés.

Dans beaucoup de départements textiles, l'atmosphère des salles est humide, poussiéreuse et a une température de 25° à 30°.

Cet ensemble de conditions est très favorable à la production d'étincelles et au mauvais isolement. Dans ce cas, l'avantage du moteur en cage d'écureuil, qui n'a pas de contacts de glissement et qui est de construction robuste, est manifeste.

VARIATIONS DE VITESSE. — Le moteur triphasé possède non seulement une vitesse plus constante que le moteur shunt, mais de plus, il est plus apte à suivre les variations de charge qu'on lui applique, avec le moins de perte et de fluctuations de vitesse. Les figures 2, 3 et 4 (page 443) mettent ce fait en évidence. La figure 5 représente la variation de consommation d'énergie (en HP) dans un métier renvideur (selfacting), tandis que les figures 2, 3 et 4 indiquent les variations de vitesse correspondantes d'un groupe de quatre de ces métiers commandé soit par transmissions mécaniques (fig. 2), soit par moteur triphasé (fig. 3) et soit par moteur monophasé (fig. 4). (Ces variations de vitesse ont été mesurées à un métier, et pratiquement les courbes obtenues sont plus « hachurées » que ne l'indiquent les figures.) Il résulte clairement de la comparaison de ces trois diagrammes, que si les moteurs monophasés à collecteur donnent une commande plus régulière que la transmission mécanique, les moteurs triphasés sont encore meilleurs à ce point de vue.

La commande répétée par câbles d'un système mécanique ne donne pas une vitesse aussi stable que celle qu'on pourrait

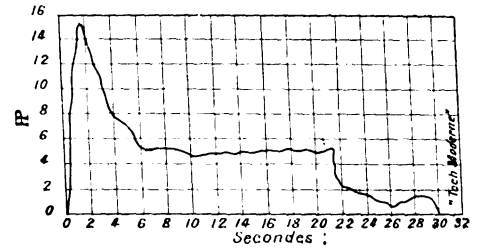


FIG. 5. — Variations de consommation d'énergie dans un métier renvideur.

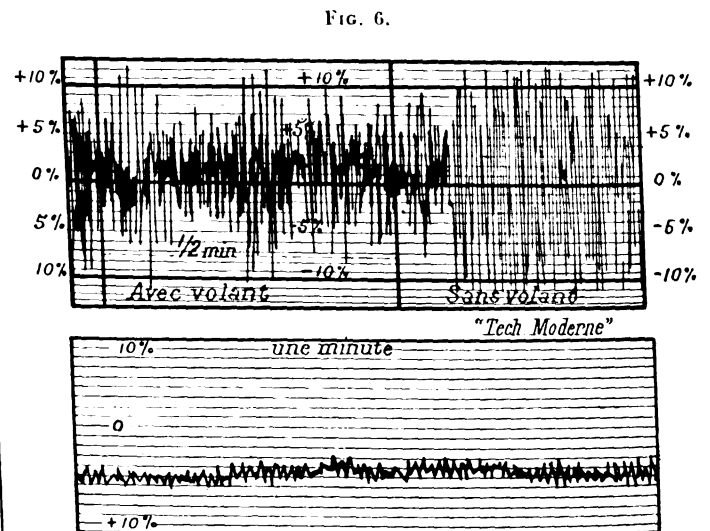


FIG. 6.

FIG. 6. — Diagramme de fluctuation de vitesse d'un arbre commandé par câbles et influence limitée d'un volant.

FIG. 7. — Diagramme de fluctuation de vitesse d'un arbre commandé par moteur électrique.

attendre des machines textiles. Le système de transmission par câble entre deux arbres empêche évidemment qu'une variation de vitesse du premier ne soit transmise au second avec son intensité complète, mais par suite des glissements inévitables du câble et de la longueur de transmission, la vitesse de l'arbre récepteur présentera des oscillations de 12 $\%$ à 15 $\%$ au-dessous ou au-dessus de sa valeur normale. Le diagramme de la figure 6 montre la haute fréquence de ces oscillations de vitesse et le rôle

très limité d'un volant régularisateur commandé par courroie à partir de l'arbre. Cette courbe contraste avec celle de la figure 7 (p. 444), qui se rapporte aux fluctuations de vitesse d'un arbre similaire commandé par moteur électrique. La commande plus

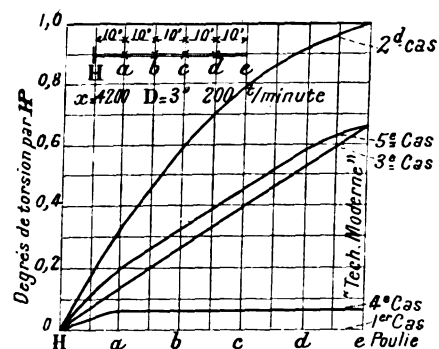


FIG. 8. — Courbes de variation de l'angle de torsion (par HP) d'un arbre de transmission, mesurées à des poulies *a, b, c, d, e*, distantes de dix pieds.

douce que l'on peut obtenir dans ce dernier cas permet d'atteindre des vitesses plus élevées, par conséquent la production est augmentée, ce qui est d'autant plus avantageux que cette augmentation de production ne nécessite aucune charge fixe additionnelle.

L'importance de l'élasticité de torsion simple d'un arbre soumis à des variations dans l'angle de torsion

(à un point quelconque, suivant la distribution de la charge le long de l'arbre à l'instant considéré) est mise en évidence par la figure 8 :

Soit, par exemple, un arbre de charge n HP, portant p poulies également distantes de l pieds l'une de l'autre et transmettant chacune h HP; la torsion θ° dans une longueur l d'arbre en fer forgé de D pouces, par HP transmis à 200 tours/minute est de :

$$\theta^\circ = \frac{425 \times 26.25 \times l}{4,110 \times D^4} = 2,71 \frac{l}{D^4}.$$

Ainsi, supposons cinq poulies a, b, c, d, e également chargées, de 10 pieds ($3^m,04$) d'écartement et calées sur un arbre de 3 pouces ($7^m,5$) de diamètre, tournant à raison de 200 tours/minute.

Suivant les cas considérés, la torsion de l'arbre aux différentes poulies prendra les valeurs données dans le tableau II et la figure 8.

Les cinq cas considérés sont les suivants :

- 1° Arbre tournant à vide, pas de torsion appréciable;
- 2° Arbre chargé uniformément, c'est-à-dire à raison de $1/5$ HP par poulie;
- 3° La poulie e est seule chargée, la charge étant supposée durable;
- 4° La poulie a est seule chargée, charge normale;
- 5° Les poulies a, d et e sont à charge normale; le restant tourne à vide.

TABLEAU II. — TORSIONS DE L'ARBRE (voir fig. 8).

1 ^{re} LA POULIE	2 ^e CAS	3 ^e CAS	4 ^e CAS	5 ^e CAS
<i>a</i>	0,328	0,131	0,0656	0,197
<i>b</i>	0,591	0,262	0,0656	0,328
<i>c</i>	0,788	0,393	0,0656	0,459
<i>d</i>	0,917	0,525	0,0656	0,590
<i>e</i>	0,984	0,656	0,0656	0,656

(A suivre.)

Edouard FONTIGNY,

Ingenieur,
Professeur de Technologie de Filature
à l'Ecole supérieure des Textiles de Verviers.

GÉNIE MARITIME

LES APPLICATIONS FRIGORIFIQUES A BORD DES NAVIRES DE GUERRE

RÉFRIGÉRATION ET VENTILATION DES SOUTES A POUDRES B (1)

(Suite.)

2° RÉFRIGÉRATION PAR GROUPE DE SOUTES. — On considère chaque groupe de soutes comme autonome, et on établit dans chacun d'eux une usine frigorifique distincte. La sécurité de marche est donc accrue, ainsi que le rendement.

Quand les dispositions du bord le permettent, il est bon de réunir les trois groupes frigorifiques par deux canalisations collectrices d'eau de mer, de façon à pouvoir envoyer, en cas d'avarie survenant à la machine d'un groupe, de l'eau de mer refroidie, par la machine la plus proche, dans les frigorifères du groupe avarié. On peut parer, en même temps, à un accident survenant à une pompe électrique.

Pour ce qui est de la sécurité de ventilation dans les soutes elles-mêmes, on verra plus loin qu'il existe toujours plusieurs frigorifères et ventilateurs électriques par groupe de soutes. On peut donc, en cas d'immobilisation d'un de ces appareils, mettre en place, sur des raccords convenablement disposés, des canalisations d'air flexibles qui permettent de continuer la réfrigération et la ventilation dans les soutes dépendant de l'appareil avarié.

Pour accroître la sécurité de marche, on prévoit quelquefois, vers le milieu du bâtiment, une machine de rechange qui a une puissance au moins égale à la machine la plus puissante installée, ainsi qu'une pompe de rechange pour la circulation d'eau de mer, raccordée aux canalisations collectrices.

On ne peut pas toujours installer cette machine et cette pompe de rechange, surtout dans les bâtiments anciens. On se contente alors des canalisations collectrices de raccordement d'eau de mer entre les trois groupes frigorifiques.

Ce qui précède montre la nécessité absolue, que nous avons déjà mentionnée, de calculer très largement toutes les parties des installations frigorifiques destinées à la réfrigération et à la ventilation des soutes, de façon à obtenir une très grande élasticité de production frigorifique qui permette de parer à toute éventualité.

GROUPEMENT DES SOUTES PAR SOUS-GROUPES.

Les soutes à poudres d'un même groupe sont réparties en un certain nombre de sous-groupes. On réunit dans un même sous-groupe les soutes voisines pour lesquelles les exercices sont faits dans des conditions analogues, et où les proportions d'air

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 6 (juin 1911), p. 325, et n° 7 (juillet 1911), p. 407.

de renouvellement, par rapport aux cubes qui circulent en circuit fermé, sont sensiblement les mêmes.

Pour chaque sous-groupe, on installe un frigorifère et un ventilateur électrique distincts.

Cette disposition a l'avantage, comme on vient de le voir,

le fonctionnement des machines frigorifiques est indispensable pour assurer la réfrigération des soutes à poudres, le fonctionnement en circuit fermé est plus rationnel que le fonctionnement en circuit ouvert.

Dans le cas de l'eau de mer à 32° par exemple, l'air extérieur

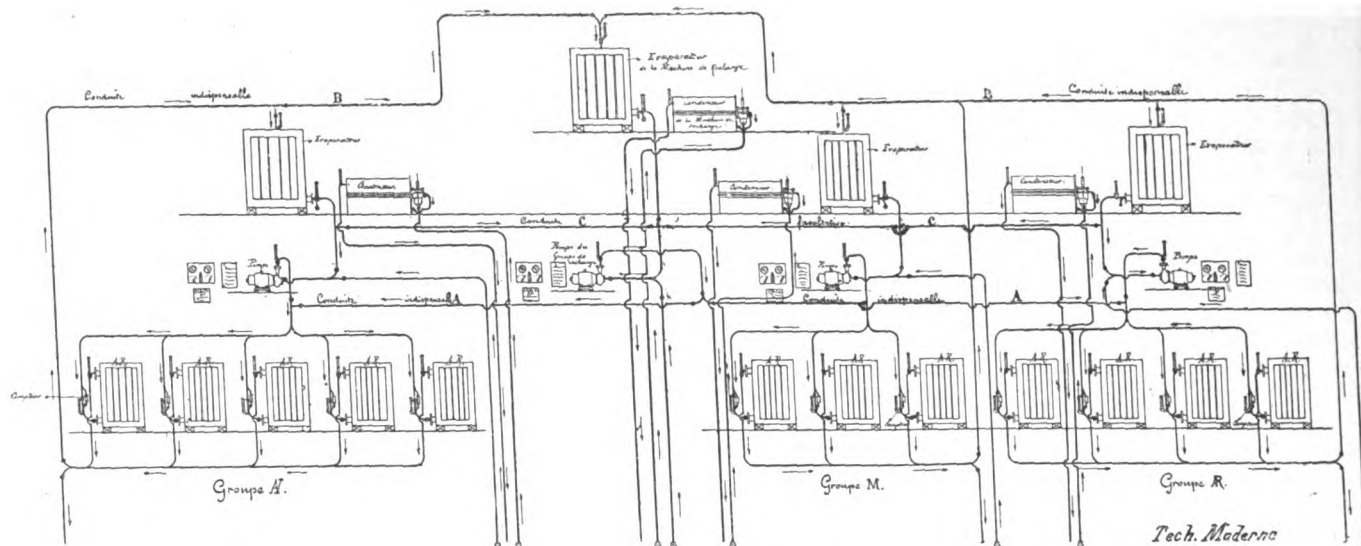


FIG. 4. — Schéma des canalisations à établir pour l'ensemble des groupes. — Cas d'une pompe par groupe.

d'augmenter beaucoup la sécurité de marche, et aussi de diminuer la longueur des canalisations d'air placées en dehors des soutes, ainsi que les percements de cloisons métalliques pour leur passage.

L'installation de réfrigération et de ventilation des soutes à poudres sera donc constituée ainsi qu'il suit (fig. 4 et 5) :

Une machine frigorifique par groupe de soutes ;

Un frigorifère par sous-groupe accouplé avec son ventilateur électrique ;

Une pompe électrique pour la circulation de l'eau de mer refroidie ou non ;

Les canalisations d'air et d'eau de mer avec les branchements et dérivations nécessaires ;

étant à 40° et saturé d'humidité, on calcule que la puissance frigorifique nécessaire pour assurer ce service de réfrigération dans un cuirassé de 15 000 tonnes, par exemple, serait de 350 000 frigories environ, en circuit ouvert, tandis qu'elle n'est que de 50 000 frigories en circuit fermé.

Cependant, quand la température extérieure le permettra, on devra pouvoir effectuer la réfrigération des soutes en circuit

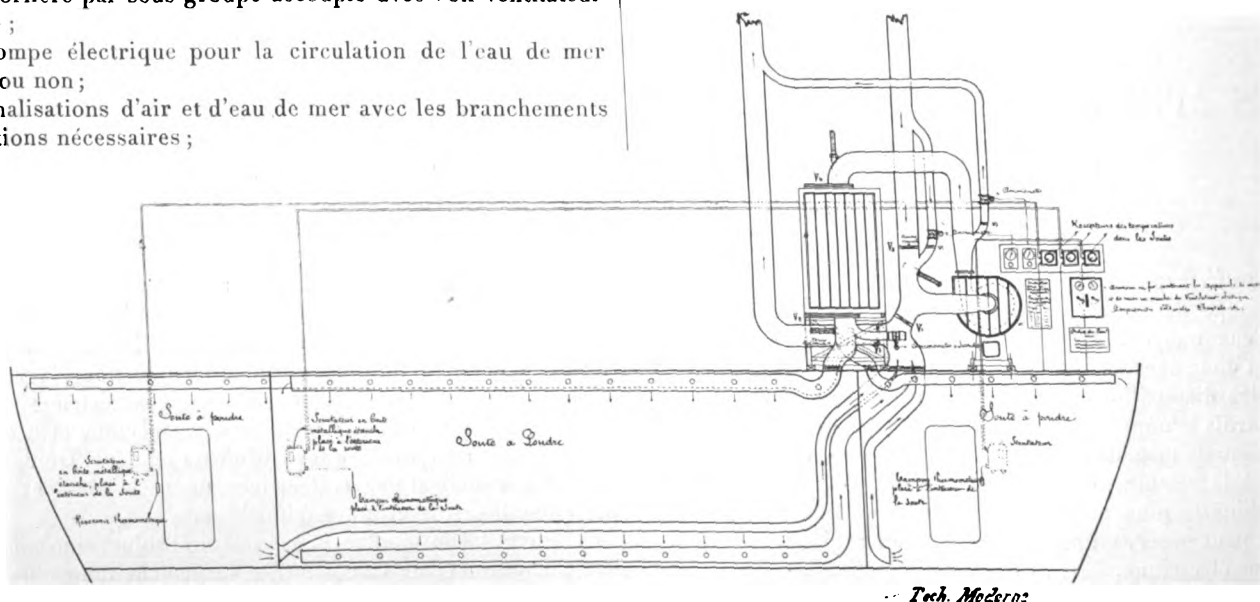


FIG. 5. — Schéma des canalisations d'air dans un poste de ventilateur. — En circuit ouvert, les vannes V_1 , v_2 sont fermées, les vannes V_2 , V_3 , V_4 , V_5 , v_1 sont ouvertes. — En marche normale, les vannes V_2 , V_3 sont fermées, les vannes V_4 , V_5 , V_6 sont ouvertes et les vannes v_1 , v_2 sont réglées.

Les canalisations collectrices de sécurité raccordant les trois groupes de soutes ;

S'il est possible, une machine frigorifique et une pompe de rechange de puissance au moins égale à celles des machines en place.

DIFFÉRENCE ENTRE LES RÉFRIGÉRATIONS EN CIRCUIT OUVERT ET EN CIRCUIT FERMÉ. — Il est évident, *a priori*, que, dans le cas où

ouvert, avec ou sans circulation d'eau de mer non refroidie.

Il est bon de noter que la marche en circuit ouvert est celle qui occasionne les condensations les plus importantes, et qu'il est nécessaire, comme nous l'indiquerons, de munir les frigorifères ou aéroréfrigérants de dispositifs efficaces de séparation de gouttelettes d'eau, pour ne jamais envoyer d'humidité dans les soutes.

Dans l'exemple précédent, les condensations qui se produiraient à l'heure dans la marche en circuit ouvert seraient d'au moins 325 kg d'eau, alors que, dans la marche en circuit fermé, ces condensations sont environ cent fois moindres.

Eu égard à la nécessité de faire, dans les soutes, des exercices journaliers qui obligent à des ouvertures de portes, de monte-charges, et à la présence de personnel, il est à remarquer que la réfrigération en circuit ouvert est celle qui apporte le minimum de perturbations.

En définitive, on effectuera dans les climats chauds la réfrigération en circuit fermé, l'eau de mer étant refroidie par la machine frigorifique, et, toutes les fois que la température extérieure et le degré hygrométrique le permettront, on réalisera cette réfrigération, soit en circuit fermé avec eau de mer non refroidie, soit en circuit ouvert avec eau de mer non refroidie (maximum de condensation dans les frigorifères), soit en circuit ouvert sans circulation d'eau de mer.

On sera quitte, dans les climats chauds, pour choisir judicieusement les heures d'exercice par rapport aux heures de stoppage et à les réduire le plus possible, sans nuire à l'instruction de l'équipage.

DIFFÉRENCE ENTRE LA RÉFRIGÉRATION CONTINUE ET LA RÉFRIGÉRATION INTERMITTENTE. — La continuité de la réfrigération pendant vingt et une heures par jour sera favorable au maintien d'une température et d'un degré hygrométrique uniformes dans les soutes, et créera le moins de sujétions pour les mécaniciens.

La réfrigération intermittente ne permet pas de réaliser ces avantages. On réservera cependant trois heures pour le stoppage, de façon qu'on ait le temps de faire certains nettoyages, réparations et mise en place de pièces de rechange. On verra plus loin que ces trois heures d'arrêt ne peuvent avoir d'influence sensible et néfaste sur la constance du régime thermique des poudres.

RENOUVELLEMENT D'AIR PUR. EVACUATION D'AIR VICIÉ. — Il faut amener dans les soutes une certaine quantité d'air pur et évacuer une quantité égale d'air vicié pour pouvoir permettre le séjour des hommes et l'élimination des vapeurs d'éther qui auraient pu se dégager des poudres.

Il y a intérêt à ne pas exagérer ce renouvellement d'air, car l'air pur extérieur à introduire dans les soutes doit être, au préalable, refroidi et desséché par son passage dans le frigorifère.

Dans le cas d'air saturé à 40°, on dépense ainsi, par mètre cube, vingt calories pour la dessiccation, et six calories pour la réfrigération. Cette dépense étant importante, on est amené, tout en se réservant une marge suffisante, à limiter à une juste mesure les cubes d'air de renouvellement.

Au seul point de vue de la conservation des poudres, les expériences faites dans les établissements spéciaux ont montré qu'en appelant p le poids des poudres contenu dans les soutes, la quantité d'air en mètres cubes R à amener journellement doit être égale à :

$$R = \frac{p}{75}.$$

Si nous envisageons toujours le cas d'un cuirassé de 15 000 tonneaux, qui embarque environ 150 000 kg de poudres, on arrive à un renouvellement journalier de 200 m³, soit, à l'heure, environ 20 m³, ce qui est peu de chose par rapport à la quantité d'air qui circule en circuit fermé.

On verra, à la fin de cette étude, que le volume des soutes à poudres B pour ce bâtiment étant d'environ 500 m³, l'intensité horaire de circulation de l'air, en circuit fermé, est d'environ 10 000 m³, tandis qu'en réalisant toute la sécurité désirable, on n'arrive qu'à un renouvellement d'air horaire de 150 m³ pour toutes les soutes.

On se rendra compte, sur la figure 5 (p. 446), comment on

peut, par une simple manœuvre de vannes, réaliser l'une quelconque des opérations suivantes :

- 1° Circulation d'air en circuit fermé;
- 2° Circulation d'air en circuit ouvert;
- 3° Evacuation d'air vicié;
- 4° Renouvellement d'air pur.

RÉCUPÉRATION DES FRIGORIES CONTENUES DANS L'AIR VICIÉ. — Il est naturel de chercher à récupérer les frigories contenues dans l'air vicié qu'on évacue pour refroidir, dans une première phase, l'air pur, mais chaud, en quantité égale, qu'on doit introduire dans les soutes; on économiserait ainsi sur la puissance frigorifique des frigorifères.

Ce problème, important à résoudre pratiquement dans nombre de cas, n'est pas intéressant pour les bâtiments de guerre, car ces appareils récupérateurs doivent, pour avoir un bon rendement, utiliser la puissance d'absorption pour la vapeur d'eau de l'air froid qui se réchauffe, ce qui représente, comme on le sait, par kilogramme de vapeur d'eau absorbé, un gain de 600 calories environ.

Pour satisfaire à cette condition, on est conduit à prévoir des appareils assez compliqués, et, comme il s'agit en somme de faibles volumes d'air, on renonce à leur emploi.

COEFFICIENT DE BRASSAGE. — Pour produire la réfrigération des soutes à poudres bien isolées en circuit fermé par l'eau de mer refroidie par les machines frigorifiques, on est conduit à faire circuler, par heure, dans les frigorifères, un cube d'air égal à vingt ou trente fois le volume des soutes. On dit alors que le coefficient de brassage d'air est égal à 20 ou 30.

INFLUENCE DE L'ARRÊT JOURNALIER DES MACHINES FRIGORIFIQUES SUR LA TEMPÉRATURE ET LE DEGRÉ HYGROMÉTRIQUE DES SOUTES. — Nous avons déjà dit que, dans le cas de réfrigération en circuit fermé avec eau de mer refroidie, il était de toute nécessité de choisir les heures d'exercices dans les soutes assez éloignées de la période d'arrêt des machines, pour réduire l'importance des perturbations causées. Quand les soutes seront en service, on arrêtera, bien entendu, toute circulation d'air froid en fermant les vannes d'isolement.

Dans le cas de réfrigération des soutes en circuit ouvert sans eau de mer, les perturbations apportées seront beaucoup plus faibles qu'avec la réfrigération en circuit fermé. Il ne faut pas toutefois en exagérer l'importance.

On doit se rappeler que le contenu des soutes, c'est-à-dire les matériaux isolants, les lambrissages divers, les étagères, les caisses métalliques et les poudres, sont des corps qui sont froids au moment de l'arrêt de la machinerie, et qui, par leur poids important et leur chaleur spécifique, élevée pour quelques-uns, constituent un puissant accumulateur de froid qui récupère à l'air ambiant, pendant la période de stoppage, les frigories qu'il a emmagasinées pendant la marche.

On peut, dans ces conditions, franchir sans inconvénient la période d'arrêt de trois heures. La température de l'air ne varie pas de plus de 1° à 2° quand les parois des soutes ont été isolées avec soin, et le degré hygrométrique reste invariable. Cette variation de température est donc encore moins grande pour les poudres, qui sont placées dans des caisses fermées.

Dans certaines circonstances, on pourrait, pendant cette période, continuer à laisser fonctionner les ventilateurs et les pompes électriques pour utiliser complètement le froid accumulé, au moment de l'arrêt, dans l'eau de mer de circulation et dans tous les appareils qui sont à son contact.

APPAREILS DE MESURE. APPAREILS AVERTISSEURS. — Ces appareils servent à contrôler la marche de l'installation frigorifique. Ils consistent en thermomètres, hygromètres, appareils enregistreurs, anémomètres, et thermomètres donnant l'alarme au

cas où certaines températures, en particulier les températures de réfrigération de l'eau de mer, franchiraient des limites fixées à l'avance.

On doit se garder d'installer des fils électriques dans les soutes, mais seulement transmettre la température à l'extérieur en utilisant, par exemple, la dilatation d'un corps solide, liquide ou gazeux.

Les températures des soutes doivent pouvoir être lues sur un ou plusieurs tableaux placés dans les postes de réglage, de façon que les manœuvres fausses ou contraires ne soient pas possibles, et que la surveillance et la conduite de l'installation soient faciles.

Choix du matériel à employer.

MACHINE FRIGORIFIQUE.

Nous ne parlerons que pour mémoire des *machines frigorifiques à détente d'air* qui ne répondent pas, en l'état actuel de leur construction, aux exigences requises pour l'installation à bord des navires de guerre.

En effet, ces machines sont lourdes, encombrantes, et ont un mauvais rendement. Leur construction est assez compliquée en

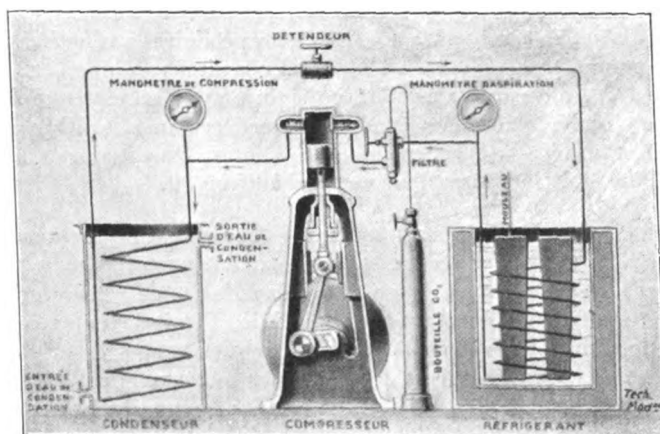


FIG. 6. — Schéma d'une machine frigorifique à compression.

raison de la présence simultanée, par machine, d'un cylindre compresseur et d'un cylindre détendeur à soupapes commandées.

Il faut aussi séparer avec un soin extrême les gouttelettes d'eau ou la neige provenant de la condensation ou de la congélation de l'humidité de l'air qu'on comprime, puis détend dans les soutes.

Ces machines à air auraient cependant l'avantage de permettre d'opérer la réfrigération des soutes par détente directe, en circuit ouvert, et de ne pas nécessiter d'approvisionnement ni de dépense de fluide réfrigérant.

Il est à souhaiter qu'on puisse améliorer à la fois leur construction pour diminuer leur encombrement et accroître leur rendement. On pourra alors simplifier notablement les installations de réfrigération et de ventilation des soutes.

Nous ne nous attarderons pas non plus sur les très intéressantes *machines à évaporation d'eau*, dites machines à vide, qui, sous l'impulsion de M. Maurice Leblanc, sont arrivées à entrer dans le domaine de la pratique.

Il nous semble prudent, pour un but aussi important que la conservation des poudres, de n'employer à bord que des machines ayant fait pendant longtemps leurs preuves dans des installations terrestres. Il faut toutefois remarquer que les conditions de réfrigération des soutes qui ne nécessitent pas l'obtention de basses températures sont favorables au bon rendement des machines à vide.

Il sera donc surtout question, dans ce chapitre, des machines

frigorifiques à compression de gaz ou à vapeur liquéfiable. Rappelons brièvement le cycle d'une telle machine (fig. 6) :

Le fluide frigorifique est aspiré par le *compresseur* à l'état de vapeur à faible teneur en liquide, dans l'*évaporateur*, ou appareil producteur de froid, qui est constitué par un système de surfaces d'échanges, des serpentins, en général.

Il est refoulé ensuite dans le *condenseur* constitué, comme l'évaporateur, par un système de serpentins refroidis extérieurement par une circulation d'eau froide.

Le fluide frigorifique comprimé et refroidi se liquéfie et arrive en amont du *robinet de détente*, dont l'étranglement règle l'introduction par différence de pression, et la température de vaporisation du liquide dans l'évaporateur.

En faisant circuler méthodiquement, autour des serpentins de l'évaporateur, une saumure ou de l'eau de mer, on refroidit ce liquide à la température voulue, et on utilise le froid ainsi emmagasiné de façon différente, suivant les applications.

Dans le cas actuel, l'eau de mer refroidie circule en circuit fermé au moyen de pompes électriques, entre les évaporateurs et les frigorigères.

Les fluides employés actuellement dans les machines à compression sont : l'ammoniac, l'anhydride sulfureux, l'anhydride carbonique et le chlorure de méthyle.

Pour des raisons d'encombrement, de poids, de complication mécanique, d'affinité chimique, de dangers d'explosions et de toxicité du milieu réfrigérant, on écarte l'ammoniac, l'anhydride sulfureux, le chlorure de méthyle, pour adopter exclusivement l'*anhydride carbonique*.

TABLEAU III. — TENSIONS MAXIMA DE L'ANHYDRIDE CARBONIQUE A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES.

TEMPÉRATURES en degrés centigrades		TENSION en atmosphères	
— 30	+ 10	11,66	15,25
— 20	+ 15	19,93	52,17
— 10	+ 20	26,76	58,84
— 5	+ 30	30,84	82,84
0	+ 40	35,40	100,03
— 5		40,47	

Presque toutes les marines sont d'accord sur ce choix.

Les machines à compression d'acide carbonique présentent certains avantages généraux qu'on peut résumer comme suit :

1° En raison des hautes pressions qui y règnent (tableau III), elles sont peu encombrantes, légères, et, par suite, faciles à loger à bord ;

2° Elles offrent toute sécurité de construction, car on n'emploie pour les construire que des métaux de première qualité, tels que l'acier forgé Martin-Siemens, et l'acier au nickel. Les cylindres, en particulier, sont forés comme les canons dans des blocs d'acier forgé et résistent à des pressions qui sont plus de dix fois supérieures aux plus hautes pressions pouvant régner dans la machine. L'essai de ces cylindres a lieu d'abord à la pression hydraulique à 250 kg par centimètre carré, puis à l'air sous l'eau. Les serpentins et tous les organes contenant le fluide sous pression subissent les mêmes essais. Pour parer à toute éventualité provenant de l'inattention d'un mécanicien qui oublierait, par exemple, après un long repos, d'ouvrir un robinet placé sur le refoulement, on dispose, en amont de ce robinet, une soupape disque de sûreté accolée à un diaphragme, et qui est constituée par un petit disque métallique étalonné pour se rompre à une fraction de la pression d'essai et à un multiple de la pression de régime (en général, 120 kg ou 125 kg par centimètre carré). En cas de rupture, étant donné l'innocuité de l'acide carbonique dans les proportions où il se trouverait mélangé à l'air du local, même en cas d'échappement total de la charge de la machine, aucun accident n'est à craindre pour le

personnel préposé à la conduite qui, averti par le bruit caractéristique de sifflement, vient faire le nécessaire et arrête la fuite;

3° L'acide carbonique pur n'a aucune action chimique sur les métaux; il est donc possible d'employer le cuivre pour la construction des condenseurs qui sont au contact de l'eau de mer;

4° Ces machines sont dépourvues d'organes compliqués, ce qui facilite leur conduite. Il existe un simple séparateur d'impuretés placé sur le refoulement ou l'aspiration, qu'on doit pouvoir nettoyer sans démonter de tuyauteries;

5° La glycérine, presque exclusivement employée pour la lubrification du presse-étoupe, ne forme pas de cambouis et

n'encrasse pas les tuyauteries comme certaines huiles dites « incongelables ». La transmission de chaleur dans le condenseur et l'évaporateur est donc toujours la même qu'à la mise en marche, et le rendement de la machine n'est pas diminué après un certain temps de fonctionnement;

6° L'acide carbonique se trouve partout et est peu coûteux.

(A suivre.)

LÉON LEFEBVRE,

*Ingénieur des Arts et Manufactures
Chef des Services techniques
de la Société du Froid Industriel.*

CHEMINS DE FER

L'EXPLOITATION MODERNE D'UN GRAND RÉSEAU DE CHEMINS DE FER AUX ÉTATS-UNIS ⁽¹⁾

(Suite et fin.)

L'étalonnage du boni pour les contremaîtres d'atelier se fait d'abord sur les mêmes bases; un supplément leur est ensuite attribué pour l'efficacité développée par l'atelier dans son ensemble, c'est-à-dire que ce supplément suit la courbe moyenne de la performance des ouvriers. La première fraction du boni est accordée, comme précédemment, à partir de 66 % de rendement. Elle atteint 20 % du salaire pour 100 % d'efficacité. La seconde fraction dépend du rapport des heures primées aux heures employées. Si 66 % de la totalité des heures portées sur les rôles de paye comptent sur les fiches de boni, la prime résultant de l'efficacité demeure acquise; au-dessous de ce pourcentage, le boni précédent décroît selon une certaine échelle, tandis qu'au-dessus de 80 %, le boni dû à l'efficacité première est de nouveau augmenté de 10 % des gages.

Le tableau de ces variations est celui-ci :

POURCENTAGE d'heures ou efficacité	BONI sur le pourcentage d'heures de travail	BONI sur le pourcentage d'efficacité	DÉDUCTION %
33 %	"	"	100,00
34	"	"	92,55
35	"	"	88,50
36	"	"	83,10
37	"	"	77,80
38	"	"	72,65
39	"	"	67,60
40	"	"	62,80
41	"	"	58,10
42	"	"	53,70
43	"	"	49,55
44	"	"	45,55
45	"	"	41,60
46	"	"	37,80
47	"	"	34,20
48	"	"	30,85
49	"	"	27,65
50	"	"	24,60
51	"	"	21,65
52	"	"	18,90
53	"	"	16,85
54	"	"	14,00

POURCENTAGE d'heures ou efficacité	BONI sur le pourcentage d'heures de travail	BONI sur le pourcentage d'efficacité	DÉDUCTION %
55 %	"	"	11,90
56	"	"	9,95
57	"	"	8,20
58	"	"	6,50
59	"	"	5,10
60	"	"	3,80
61	"	"	2,75
62	"	"	1,85
63	"	"	1,10
64	"	"	0,55
65	"	"	0,20
66	"	"	0,05
66,5	"	"	"
67	0,01	0,01	"
68	0,02	0,02	"
69	0,06	0,11	"
70	0,11	0,22	"
71	0,19	0,37	"
72	0,28	0,55	"
73	0,38	0,76	"
74	0,51	1,02	"
75	0,66	1,31	"
76	0,82	1,64	"
77	1,00	1,98	"
78	1,19	2,39	"
79	1,40	2,80	"
80	1,64	3,27	"
81	1,89	3,78	"
82	2,17	4,33	"
83	2,56	4,92	"
84	2,77	5,53	"
85	3,09	6,17	"
86	3,42	6,84	"
87	3,78	7,56	"
88	4,16	8,32	"
89	4,56	9,11	"
90	4,96	9,91	"
91	5,37	10,74	"
92	5,81	11,62	"
93	6,28	12,56	"
94	6,76	13,52	"
95	7,26	14,52	"

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 3 (mars 1911), p. 145; n° 4 (avril 1911), p. 211, et n° 7 (juillet 1911), p. 392.

POURCENTAGE d'heures ou efficacité	BONI sur le pourcentage d'heures de travail	BONI sur le pourcentage d'efficacité	DÉDUCTION %
96 %	7,78	15,56	"
97	8,31	16,62	"
98	8,85	17,70	"
99	9,26	18,81	"
100	10,00	20,00	"
101	"	21,00	"
102	"	22,00	"
103	"	23,00	"
104	"	24,00	"
105	"	25,00	"
106	"	26,00	"

Le boni en heures employées et le boni d'efficacité sont exprimés en pourcentage du salaire, tandis que la déduction est calculée en pourcentage du boni sur le compte de l'efficacité d'ensemble.

Supposons, par exemple, que 80 % des heures réelles employées figurent sur les cédules mensuelles de boni et que l'efficacité moyenne du travail considéré ait été de 85 %; le contremaître recevra, d'après le tableau précédent : 1° un boni additionnel de 6,17 % sur ses gages correspondant à 85 % d'efficacité; 2° un supplément de 1,64 % de ce même salaire pour les 80 % du temps primé. Au contraire si, dans un atelier différent, 43 % seulement du nombre total des heures employées sont primées, et si le travail accuse néanmoins 85 % d'efficacité, le boni sera d'abord de 6,17 % du salaire, mais sera réduit aux 49,55 % des 6,17 % premièrement crédités; en définitive, le boni sera de 3,41 % environ des appointements.

Dans les autres services, le boni des contremaîtres est basé sur des groupes d'étalons qui varient selon la nature des intérêts en jeu. Pour les contremaîtres des machines sur la voie, on tient compte des dépenses de toutes sortes et du parcours effectué, et l'on affecte un coefficient à chacune de ces espèces :

	MOYENNE de 12 mois
Dépenses de réparations, par machine-mille	5
Quantité de combustible, par 1.000 tonnes-mille.	5
Dépenses de lubrifiants, par 100 machine-mille.	1
Autres fournitures, —	1
Parcours effectués par les mach.-marchandises, entre deux séjours à l'atelier	3
Parcours effectués par les machines-voyageurs, entre deux séjours à l'atelier	2

Les cédules des mécaniciens-conducteurs sont établies sur la dépense de combustible par chaudière-heure, que l'on brûle du charbon ou de l'huile. Les chiffres de ces cédules sont modifiés par une évaluation des soins apportés dans l'entretien du matériel.

En ce qui concerne les chefs de division d'atelier, par le boni, la Compagnie cherche surtout à provoquer les efforts en partageant les économies réalisées de ce fait. La vigilance et l'habileté, qui peuvent avoir de graves conséquences sur le maintien du matériel en bon état, sont justement récompensées sur des bases dont les coefficients suivants traduisent le principe :

Réparations aux machines, par machine-mille, en cents (1).	5
— wagons march., par car-mille en cents.	5
— voyageurs, do, en cents	2
Outils et machines d'atelier, par machine-mille, en cents.	1
Parcours entre passages à l'atelier, machines à marchan- dises et à voyageurs, en milles.	3
Heures de détention, par machine, en heures	3
Dépenses totales du service mécanique, par tonne-mille brute, en cents	20

(1) Le cent équivaut à 0 fr. 0518 environ (100^e du dollar).

En outre, et d'une façon générale, une allocation supplémentaire est accordée pour économie des fournitures ou bonne conservation du petit matériel : balais, chiffons, chaînes, garnitures de cabine, lanternes, lampes, huiles, etc ; elle est proportionnelle à une base-étalon par machine-mille et augmente progressivement si l'économie s'est maintenue à peu près constante pendant un certain nombre de mois; on attribue même, chaque trimestre, des prix en argent de 1 200, 800 et 400 francs environ aux trois employés qui ont obtenu les premières places dans cette espèce de concours « au plus soigneux ».

Le boni apparaît donc, dans toute cette organisation, comme une participation directe du personnel aux bénéfices de l'exploitation, et ce qui caractérise particulièrement le système adopté par le Santa-Fé, à l'égard de ses employés, est l'appel loyal et constant au travail et à la valeur de l'individu.

RELATIONS ENTRE EMPLOYEURS ET EMPLOYÉS. — 1° *Les apprentis*. — Le souci que la Compagnie du Santa-Fé apporte à établir des relations cordiales et productives entre employeurs et employés ainsi qu'à former un personnel vigoureux et intelligent se manifeste dès les contrats d'apprentissage.

La Santa-Fé agrée comme apprentis, de préférence à tous autres, les fils de ses subordonnés. Elle exige qu'ils aient de seize à vingt-deux ans, qu'ils possèdent une bonne instruction élémentaire, et qu'ils aient satisfait à un examen médical sévère avant leur entrée dans la Compagnie. Pendant les quatre années d'apprentissage, quelle que soit la carrière choisie, les jeunes gens sont astreints, parallèlement, à exécuter des travaux d'atelier en même temps que les ouvriers et à suivre des cours professionnels. Les apprentis sont payés suivant une échelle de gages fixée par le règlement. Ils travaillent dix heures par jour, sauf les jours non ouvrables et le samedi (1). Comme le travail de nuit est incompatible avec la présence à l'école d'apprentissage et priverait les élèves des bénéfices d'une instruction régulière, il est interdit de les y employer, sauf en cas exceptionnels pour lesquels la durée maximum de leur concours ne peut excéder six nuits consécutives.

Les cours professionnels, établis dans les onze plus grands centres du réseau, sont obligatoires et doivent être suivis pendant deux jours chaque semaine, durant deux heures qui sont payées par la Compagnie, comme s'il s'agissait d'heures de travail manuel; le reste du temps, les apprentis sont répartis dans les diverses sections des ateliers; dans les centres de moindre importance, les heures d'étude sont adaptées aux conditions locales.

L'instruction donnée aux élèves est essentiellement pratique; elle comporte : le dessin à main levée et au trait, la géométrie descriptive simplifiée (par exemple le développement des surfaces pour chaudronnerie ou ferblanterie), l'arithmétique élémentaire, (problèmes sur les échelles avec extension aux décimales, proportions et règles de rapports), les applications simples de la mécanique pratique (poulie, moufle, levier, etc.) (2).

(1) Le samedi, la durée du travail est fixée à 9 heures, sauf pendant les mois de juin, juillet et août où elle peut être réduite à 5 heures par le directeur de l'atelier ou le maître mécanicien.

(2) Voici quelques exemples des problèmes, essentiellement pratiques, que les apprentis ont à résoudre. — Une série de boulons se répartit ainsi : il y en a 10 de 4 kg 500, 6 de 0 kg 800, 15 de 1 kg 250 et 3 de 1 kg 050 : quel est le poids total de la série? — Quel serait le prix de la série précédente à 0 fr 10 les 0 kg 453? — Cinq locomotives brûlent respectivement par heure : 182, 393, 317, 290 et 318 kg de charbon; quelle est la consommation horaire totale de ces cinq locomotives? — Multiplier 346 783 par 27 865? — Diviser 5914 048 par 2 456? — Quelle est la vitesse moyenne, par heure, d'un train qui parcourt 145 milles en 8 heures? — Pour établir 362 milles d'une voie, on a dépensé 4 561 000 livres; à combien revient le mille? — Trouver toutes les dimensions sur un dessin exécuté aux diverses

Pendant les deux premières années, tous les apprentis suivent les mêmes cours, puis ils choisissent chacun un métier et se spécialisent dans le travail. Les examens périodiques n'existent pas, mais les soixante derniers jours du temps d'apprentissage, des questions relatives au travail courant sont posées aux élèves. Un diplôme qui, le cas échéant, constituera une excellente recommandation auprès d'autres Compagnies, sanctionne les études. Si le jeune homme ne répond qu'imparfaitement aux interrogations de ses chefs, la durée de son apprentissage n'est pas prolongée, mais dès ce moment son salaire n'est plus fixe et dépend de son habileté et de ses connaissances relatives.

Une sorte de discipline militaire régit les groupements⁽¹⁾ d'apprentis. La surveillance des professeurs, s'étend, d'ailleurs de façon discrète, jusque dans la rue et les lieux publics; si un apprenti est absent pendant trois jours, son maître doit s'enquérir du motif de l'absence et le directeur général prend la sanction que nécessite le cas.

Dès son entrée au Santa-Fé, l'apprenti reçoit gratuitement les divers objets qui lui sont nécessaires pour ses études ainsi qu'une série d'instruments personnels; si les uns ou les autres sont de mauvaise qualité ou détériorés par un usage convenable, ils sont immédiatement réparés ou remplacés par la Compagnie; si au contraire il y a eu faute, négligence ou mauvais vouloir de la part du jeune homme, les frais de réparation ou de remplacement incombent à ce dernier. De toute façon, à la fin de l'apprentissage, les outils deviennent la propriété de l'ouvrier.

Pendant les six premiers mois, les outils d'atelier doivent être remis au moniteur à la fin de chaque journée; après, ils sont examinés hebdomadairement, et on fait la critique des soins à leur donner pour que l'apprenti sache les conserver en bon état. Il ne doit ni les prêter ni en emprunter sans l'autorisation du professeur.

La progression de l'enseignement relatif aux machines-outils se fait dans l'ordre suivant: petites perceuses, perceuses de plus grande dimension (façonnage des écrous et des boulons), petit tour, plus gros tour (perçage, fraisage, rabotage). On estime à trois mois le temps nécessaire à l'apprenti pour bien savoir se servir de chaque machine, mais cette durée peut être modifiée selon l'habileté et les aptitudes du pupille.

Afin d'exciter le zèle des apprentis, que la comparaison de

échelles; 5,27 pouces; 63 pouces; 4,20 pouces, etc.? — Si une vis a 2 pouces, 78 de longueur sous tête et que ses filets s'arrêtent à 0,9 de cette tête, quelle est la longueur filetée? — Quel devrait être le diamètre intérieur d'une frette à appliquer sur une roue de 78 pouces, sachant que 0 pouce 081 sont prévus pour la contraction? — Le diamètre à fond de filet, pour des vis de 1 pouce, est 0 p. 837; quelle est la hauteur du triangle? — Un cylindre de 22 p. 625 de diamètre intérieur a été alésé à 22 p. 875; quelle est l'épaisseur de matière enlevée? — On veut chemiser un cylindre de 30 p. 656 de diamètre pour y utiliser un piston de 28 p. 625; quel devrait être l'épaisseur de la chemise, pour un jeu de 0 p. 005 avec le piston? — Un apprenti est occupé à divers travaux: 7 h. 5; 16 h. 3; 17 h. 9; 20 h. 7; 45 h. 3; 20 h. 6; 50 h. 3; 6 h. 9; 14 h. 5 et 30 h. 6; quel est le temps passé total? — Dans l'exemple ci-dessus, le temps cédulé était de 269 h. 1; de combien d'heures bat-on le temps de la cédule normale? — Un apprenti de seconde année a exécuté en 249 h 7 un travail étalonné à 283 h 8; quel est le pourcentage de son efficacité? — Pour cette efficacité, cette apprenti recevait 83,7 % de boni sur son salaire; si ses gages courants atteignent 39 livres 95, à combien se monte sa prime? — Un arbre pesait 520 kg avant d'être tourné; le travail lui fait perdre 6 1/2 %; quel est son poids une fois terminé? — La puissance du freinage (pression en pounds appliquée sur les roues par les sabots) des wagons à marchandises est 70 % du poids des wagons; quelle est-elle dans le cas d'une voiture de 18.350 kg? — Celle des voitures à voyageurs est 90 %; quel est le poids du wagon, lorsque sa force de frein est 26 100 kg?

(1) On forme autant que possible des groupements d'au moins seize écoliers que l'on place sous la direction d'un moniteur.

leur rendement avec celui des ouvriers expérimentés⁽¹⁾ auprès desquels ils travaillent, pourrait décourager, la Compagnie réserve aux jeunes gens des bonis élevés⁽²⁾.

L'apprentissage terminé, l'apprenti entre en service ordinaire. 80 % des pupilles restent au Santa-Fé. La plupart de ceux qui s'en vont demandent leur réintégration au bout d'une année et souvent moins. Par ailleurs, la Compagnie témoigne d'une grande mansuétude vis-à-vis de ses apprentis, s'efforçant tout particulièrement de ne pas ruiner leur avenir. Le renvoi de l'un d'eux est chose très grave; il ne peut être demandé que par le maître mécanicien ou le directeur des ateliers et nécessite l'approbation du superintendant d'apprentissage.

2° *Dispositions diverses en faveur du personnel.* — Une des intentions les plus marquées de la Compagnie du Santa-Fé est d'assurer à son personnel un certain degré de bien-être. Pratiquer la propreté, donner un aspect un peu séduisant aux choses sont des objectifs qu'elle poursuit avec ténacité. Les ateliers sont chauffés et ventilés; autour, un drainage systématique permet l'évacuation des boues. Les cours sont égayés de pelouses et de fleurs. Des hôpitaux bien aménagés avoisinent les centres importants et certains employés sont instruits pour donner les premiers soins aux malades ou aux blessés.

Allant plus loin dans les manifestations de l'intérêt qu'elle porte à son personnel, la Compagnie n'ignore pas l'importance des occupations mentales et sociales pour des hommes dont les heures de travail sont souvent pénibles, quelquefois irrégulières et presque toujours passées en des lieux où l'on ne saurait trouver une distraction. Aussi, a-t-elle organisé des salles de jeu avec billard, piano, et des salles de lecture où l'ouvrier peut trouver des périodiques variés, des revues techniques, des livres, etc.

Aux centres les plus importants, une construction spéciale fait office de maison commune; la bibliothèque en occupe la majeure partie. Les employés sont priés de soumettre, au directeur compétent, les listes d'ouvrages qu'ils désirent; lorsqu'ils veulent les conserver pour eux-mêmes, ils peuvent profiter des réductions faites par les libraires à la Compagnie. Les livres sont prêtés, sur le visa du bibliothécaire, à condition que les lecteurs soient responsables des pertes et des dégradations. En ce qui concerne les billards et autres jeux, une très faible retenue sur les salaires en couvre l'entretien.

Durant les mois d'hiver, surtout dans les petites localités, le Santa-Fé réserve un certain budget à l'organisation d'« auditions » (musicales ou littéraires), auxquelles assistent non seulement les employés et leurs familles, mais les autres habitants de l'endroit.

A l'âge de soixante-cinq ans, après cinquante ans de services (ou moins lorsqu'une incapacité permanente résulte d'accident), les employés bénéficient d'une retraite; la somme allouée est déterminée par le salaire et la durée de service avec un minimum de 100 francs et un maximum de 400 francs environ par mois; les pensions sont totalement à la charge du réseau. Aucune versement n'est fait par les employés.

En résumé, ces diverses dispositions forment un ensemble de mesures pratiques prises par la Compagnie en faveur des ouvriers; car si les cours professionnels ont préparé le pupille, en ont fait un artisan habile et de bon sens à qui le système du boni permet de se créer une existence convenable, l'ouvrier peut compter, pour lui et pour les siens, quand il est devenu infirme ou vieux, sans y avoir contribué par une retenue sur son salaire, sur du pain et des secours, sur des hôpitaux et sur un service médical éclairé.

L'organisation des Chemins de fer de Santa-Fé méritait d'être aussi exposée à ce point de vue.

G. F.

(1) Le rendement moyen d'un bon apprenti, après six ou huit mois d'atelier vaut 70 % de celui d'un ouvrier adulte.

(2) Le gain moyen d'un apprenti est de 7 francs par jour. Son instruction coûte 1 fr 15 par jour à la Compagnie. Le salaire d'un mécanicien est environ de 18 francs.

MINES

LA DISTRIBUTION ET LES MOUVEMENTS SECONDAIRES DANS LES PERFORATRICES ET MARTEAUX PNEUMATIQUES

(Suite et fin.)

30) La dissymétrie peut être réalisée suivant un tout autre principe, par variations de pression de l'air.

La surpression quelquefois pratiquée, mais rarement, est simple de réalisation; il suffit, en fin de course retour, d'obstruer l'échappement de la chambre arrière du cylindre, ce qui développe une contrepression aussi énergique qu'on le veut; mais elle a l'inconvénient d'augmenter la consommation d'air pendant la phase de retour, puisque tout repose sur la force vive du piston au moment où cette contrepression va s'établir.

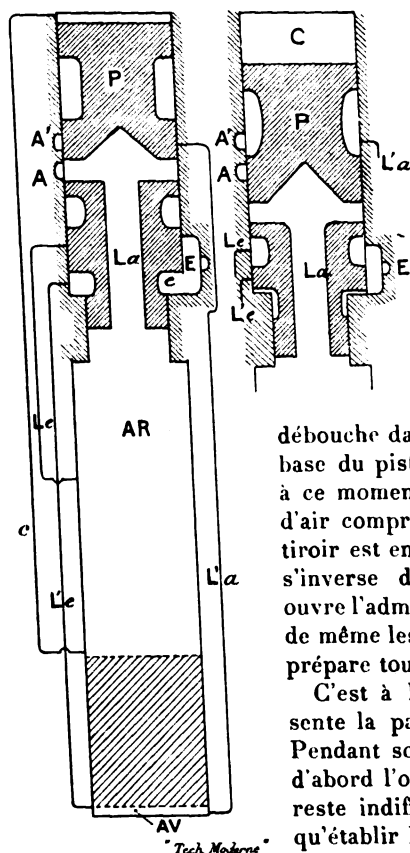


FIG. 29. — Distribution système Soley et Dallet.

La figure semi-schématique 29 montre l'application de cette formule au frappeur Soley et Dallet avec son tiroir en tandem sur le cylindre. Chaque face a une lumière d'admission et une lumière d'échappement, L'a et L'e pour la face AR, L'a et L'e pour la face AV. Quant au canal de commande du tiroir c, il débouche dans le cylindre à hauteur de la base du piston en fin de course motrice; à ce moment, la chambre C reçoit l'afflux d'air comprimé, tandis que l'embase e du tiroir est encore à l'atmosphère; le tiroir s'inverse donc, ferme l'admission AL'a, ouvre l'admission d'avant A'L'a, et inverse de même les émissions EL'e et EL'e, bref prépare tout pour la course de retour.

C'est à l'autre inversion que se présente la particularité de la surpression. Pendant son retour, le piston démasque d'abord l'orifice de c, ce à quoi le tiroir reste indifférent puisqu'on ne fait par là qu'établir la communication de sa chambre C avec la face AV alors à l'admission par A'L'a. Puis, vers la fin, l'obturation de la lumière d'échappement Le par le piston lui-même développe la contre-pression suffisante pour amener l'inversion du tiroir et le recommencement d'une nouvelle frappe.

31) Plus heureuse paraît être l'idée de demander le même effet à une dépression aisée à réaliser par laminage de l'air vif. C'est la principale particularité du marteau Gordon illustré par sa victoire au concours du Rand (concours 1907). Le tiroir (fig. 30) est symétrique de forme, mais l'une des chambres C reçoit continuellement un petit afflux d'air comprimé a', tandis qu'un pertuis r réalise un échappement permanent; C' est donc continuellement à une pression intermédiaire entre l'atmosphère et la pression vive, et tout le jeu du

tiroir repose sur la mise, soit à l'échappement, soit à la pression vive de la chambre opposée C. On l'obtient comme d'habitude par les canaux ca et ce débouchant dans le cylindre, en face d'une admission et d'un échappement permanents a et e, avec lesquels le piston établit la communication au moment voulu par sa gorge V. Toute l'admission et presque toute l'émission — sauf une partie par e — se font par les deux lumières L et L'. A remarquer la forme du tiroir, simple cylindre à deux gorges; c'est une préoccupation plutôt rare que celle de simplifier la forme du distributeur.

DISTRIBUTION PAR TIROIR DISSYMETRIQUE A MECANISME DE RAPPEL. — 32)

Dans ces distributions qu'on ne rencontre guère que dans les bosseyeuses à marche lente, le tiroir tend, sous l'action d'une sorte de cataracte à air comprimé, à prendre une position préférée, correspondant généralement à l'admission sur la face AV. Le rôle du piston sur la distribution se réduit, en fin de course retour, à déranger momentanément le tiroir de cette position qu'il tend à prendre de lui-même; si le rappel est assez lent, la phase motrice a le temps de se produire pendant que le tiroir cherche son équilibre; l'inversion du tiroir se trouve ainsi produite et la phase de retour assurée. La course avant du piston est arbitraire, puisque l'inversion du tiroir en est indépendante; de telles distributions résolvent donc de la façon la plus complète possible la commande d'un outil à course variable comme une perforatrice.

On reconnaît dans le schéma que présente la figure 31, le prototype de ces sortes de distribution, celle de la Dubois-François où le pertuis r, en assurant le remplissage de la chambre C, assure au tiroir une position privilégiée, le fond de course à droite, correspondant au retour du porte-outil. La vidange de la chambre C qui provoque l'inversion du tiroir eu égard aux surfaces inégales des pistons P et P' se fait par l'ouverture de la soupape s obtenue mécaniquement en fin de course de retour par un épaulement de la tige du piston.

33) D'autres fois, au lieu de laisser l'air effectuer l'inversion du tiroir après déclenchement par le piston, c'est le piston qui, mécaniquement, assure entièrement l'inversion à la fin de sa course arrière. La perforatrice Guenez (fig. 32, p. 453), qui en est un exemplé, est originale à plus d'un titre: admission permanente de l'air comprimé sur la face AV — ce qui n'est pas des plus heureux —, tiroir à l'arrière du cylindre et coaxial, ce qui permet de réaliser très simplement celle des inversions du tiroir que commande le piston lui-même. Quant au mécanisme de la cataracte, il est un peu plus compliqué que dans la Dubois-François, mais il est mieux pro-

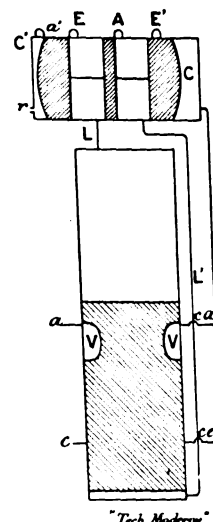


FIG. 30. — Distribution système Gordon.

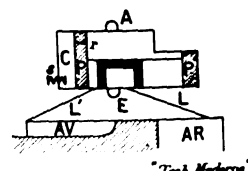


FIG. 31. — Distribution système Dubois-François.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 6 (juin 1911), p. 346, et n° 7 (juillet 1911), p. 410.

tégé. On y trouve encore les deux pistonnets inégaux P P' et la chambre C à pression variable, mais cette chambre est close; quant à celle de P', elle n'est autre que le fond de cylindre et c'est le pistonnet P' qui reçoit directement le choc du piston : enfin ce pistonnet est différentiel et complété par un autre pistonnet P'' dont la chambre C'' est normalement à l'atmosphère

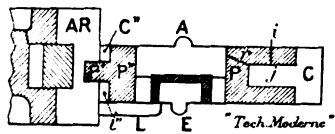


Fig. 32. — Distribution système Guenez.

par le pertuis i''. Abandonné à lui-même, le tiroir, quelle que soit la pression sur P', prend la position de rappel, à cause de l'équilibre de pression qui se produit sur les deux faces de P par le pertuis r; la face arrière est mise à l'échappement par le tiroir, L et E, et le retour du piston s'effectue, amenant en fin de course l'inversion du tiroir. Toutefois, la chambre C étant close, il faut préalablement en faire une vidange partielle; à cet effet, un pertuis j la met en communication avec l'atmosphère; mais contrairement à la Dubois-François, cette communication est étroite, ce qui provoque une baisse graduelle et toujours modérée, et d'autre part, elle a lieu du fait du tiroir lui-même; à elle seule elle serait insuffisante pour produire l'inversion, mais elle la facilite.

Malgré leurs avantages, notamment en ce qui concerne la sûreté et la stabilité de la distribution, les tiroirs à mécanisme de rappel semblent peu tenter les constructeurs modernes de marteaux et de perforatrices; on ignore, en particulier, ce qu'ils donneraient aux battages rapides.

DISTRIBUTION A DOUBLE TIROIR. — 34) Au lieu de demander au piston d'être le tiroir du tiroir, on peut passer par l'intermédiaire d'un tiroir secondaire spécial, mû par le piston. Le tiroir proprement dit sera, par exemple (fig. 33), l'aéromoteur symétrique ordinaire à deux chambres C C', le tiroir auxiliaire sera un secteur T à trois rainures, dont deux aa' en communication permanente avec l'admission, et la troisième e avec l'échappement. Pour mettre par c c' l'une des chambres de tiroir à l'admission, l'autre à échappement, il suffit d'un mouvement de bascule de ce secteur, mouvement qu'on obtient simplement par guidage le long d'une rainure R du piston porte-outil.

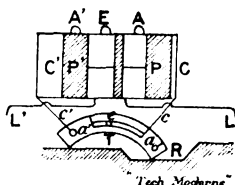


Fig. 33. — Distribution système Ingersoll à double tiroir.

Cette double distribution, qui était notamment celle d'un type déjà ancien de perforatrice d'Ingersoll, ne présente aucun avantage sérieux : les connexions mécaniques qu'elle exige pour le tiroir auxiliaire sont une cause de frottement; la commande directe, telle qu'elle a été décrite plus haut, est, avec raison, préférée à peu près universellement aujourd'hui.

MACHINES SANS DISTRIBUTION, A BIELLE PNEUMATIQUE.

35) L'idée de transformer en battage le mouvement de rotation d'un arbre moteur est déjà ancienne et s'est trouvée posée par l'application des moteurs électriques aux perforatrices percutantes. La course d'une bielle avec son amplitude fixe et sa vitesse nulle en fin de course est évidemment inapplicable telle quelle, et l'interposition d'un organe élastique est nécessaire. Dans les électro-percutantes de Siemens déjà anciennes (fig. 34), l'arbre moteur imprime par manivelle un mouvement alternatif à un cadre C, qui sert d'appui à deux ressorts R R' bandés, d'autre part, contre une embase E du porte-outil. Il est aisé de se rendre compte rapidement du mouvement que va prendre le fleuret; à un instant donné, le déplacement x de l'embase E se compose : 1° du déplacement du cadre à partir de sa position d'équilibre, soit $a \times \sin 2\pi \frac{t}{T}$ si a est le

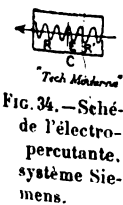


Fig. 34. — Schéma de l'électro-percutante système Siemens.

rayon de la manivelle et T la période de révolution de l'arbre moteur; 2° du déplacement y de l'embase par rapport au cadre qui, par réaction des ressorts, développe une force $2R \times y$, si R est la raideur de ces ressorts. En écrivant l'équilibre entre les forces d'inertie et la réaction des ressorts, on a, en appelant M la masse percutante :

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} = -2Ry = -2R(x - a \sin 2\pi \frac{t}{T}),$$

équation dont la solution générale est visiblement :

$$x = \frac{a}{1 - \frac{T^2}{\theta^2}} \sin 2\pi \frac{t}{T} + C \sin 2\pi (\frac{t}{\theta} - D),$$

en désignant par θ la période propre d'oscillation des ressorts

$= \pi \sqrt{\frac{2M}{R}}$ et par C et D deux constantes arbitraires. Le mouve-

ment du fleuret résulte donc de la coexistence : 1° d'un battement dû aux ressorts; 2° d'un mouvement oscillatoire synchrone de celui du cadre, mais dont l'amplitude est plus grande que celle du battage du cadre. Ce mouvement surtout est intéressant; on voit qu'en réglant, par exemple, le mécanisme de sorte que le taillant ne fasse qu'effleurer le fond du trou avec un cadre au repos, il l'atteindra en vitesse quand l'arbre moteur tournera.

36) La Siemens et tous les appareils analogues ont l'inconvénient assez grave que : ou bien l'arbre moteur est solidaire du bâti de la perforatrice qui devient lourde et encombrante, ou bien la transmission à partir d'un moteur indépendant se fait par arbre flexible dont le rendement est médiocre. L'électro-pneumatique de Temple-Ingersoll (fig. 35) où une canalisation d'air joue à la fois le rôle de flexible et des ressorts de la Siemens, échappe à cette critique. On sait le principe de cet appareil (1); l'arbre moteur tournant à la vitesse de battage des perforatrices rapides de 500 à 600 coups à la minute, agit sur un pulsateur formé de deux pistons à manivelles calées à 180° se déplaçant dans deux cylindres; des tuyaux souples réunissent les fonds de cylindre aux deux chambres de la perforatrice, laquelle est complètement étanche et sans distribution. Le mouvement à partir du point mort provoque d'un côté une onde de compression, de l'autre une onde de dilatation. Si la masse percutante était faible, le piston obéirait aussitôt à l'impulsion de l'air et reproduirait, à peu de chose près, le mouvement sinusoïdal d'une transmission mécanique; l'effet serait nul. Mais au contraire, la lourde masse du porte-outil d'une perforatrice ne se meut que quand la compression et la dépression sur les faces respectives ont atteint un taux élevé; l'outil est alors lancé à la façon d'un projectile, et atteint le fond de trou en vitesse.

Au retour, les mêmes phénomènes se produiraient si l'on ne recourait à des dispositifs spéciaux; la poussée sur la face motrice serait moindre, puisqu'elle ne s'exercerait que sur la section annulaire, mais la succion sur la face arrière s'exerçant sur la pleine section serait extrêmement énergique. On atténue cette dernière en munissant le piston correspondant d'une valve V s'ouvrant vers la perforatrice; d'autre part, un canal de communication c entre les deux faces de la perforatrice, canal muni d'un pointeau de réglage u, empêche lors du retour le choc sur le fond du cylindre.

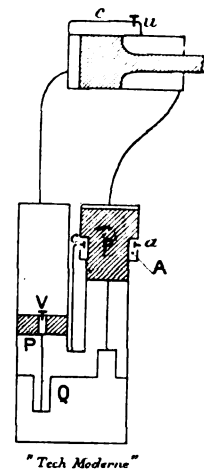


Fig. 35. — Dispositif de l'électro-pneumatique, système Temple-Ingersoll.

(1) Voir publications de *La Technique Moderne* : *Les Mines à l'Exposition internationale et universelle de Bruxelles de 1910*, par Ad. BREYRE.

Ainsi c'est toujours le même air qui sert, et uniquement, comme agent de transmission ; il va de soi que la pression de cet air au repos est, dans une certaine mesure, arbitraire, mais que la machine sera d'autant plus puissante que cette pression statique sera plus forte, puisqu'un même déplacement du piston du pulsateur correspond à un travail proportionnel à la pression initiale.



FIG. 36.
Dispositif du
régulateur
et réparateur
de fuites.

En fait, avec les dimensions usuelles, on règle à 2 kg et 3 kg. cette pression statique.

Un appareil complémentaire est donc nécessaire pour obtenir au début cette pression, la régler à volonté et réparer les fuites. C'est un petit compresseur (fig. 35, p. 453) réalisé par un ressaut de l'un des pistons P' du pulsateur se déplaçant dans une chambre annulaire A, aspirant à l'atmosphère par un clapet a refoulant par un autre clapet c dans un canal débouchant dans le carter Q du pulsateur. Un clapet à ressort réglable r (fig. 36) paralyse automatiquement l'admission quand la pression atteint le taux voulu. L'air se maintient donc en moyenne à cette pression dans le carter d'où il passe par la valve V dans la chambre arrière de la perforatrice pendant la phase de succion.

37) L'une des idées les plus intéressantes de cet outil, c'est qu'il ne donne lieu, au moins en principe, qu'à des pertes de puissance extrêmement réduites. Dans une perforatrice ordinaire, où l'on demande à l'admission prolongée l'augmentation de puissance, le rendement tombe à des taux très bas. Il est aisé de voir par exemple qu'à 3,5 atmosphères de pression effective, un moteur parfait (à détente isotherme) donnerait par mètre carré 68 236 kgm, qu'une machine parfaite sans détente n'en donnerait que 36 165, et enfin qu'une perforatrice parfaite avec sa consommation inutile pour le retour du porte-outil n'en donnerait que les deux tiers, soit 24 110, en supposant la proportion très fréquente de 2 à 1 entre la section aller et la section retour. Le principe même de la perforatrice interdit donc d'espérer une utilisation de plus de 35 % de l'énergie disponible à la chapelle d'entrée, et, en fait, les fuites et frottements absorbent souvent la moitié de ce maximum.

Ici, rien de tel n'existe, puisque l'air n'est qu'un ressort de transmission. On n'a comme pertes spécifiques, que d'une part celles du moteur du pulsateur, d'autre part celles auxquelles peut donner lieu la compression et la décompression rapide de la masse de gaz enfermée : or, dans une compression rapide d'une masse gazeuse, la pression est toujours plus forte que celle qui correspondrait à l'équilibre, et inversement à la décompression ; il faut donc, pour revenir à l'état initial, dépenser un certain travail analogue au travail d'hystérésis ; la seule perte spécifique à laquelle donne lieu la transmission, c'est cette perte par hystérésis, faible comme la viscosité de l'air ; on est loin, en tout cas, des 65 % de pertes des perforatrices ordinaires. A ce point de vue de l'utilisation de la force motrice, la Temple-Ingersoll constitue donc un notable perfectionnement de principe, et ouvre une voie extrêmement intéressante.

38) Un principe assez différent a été appliqué dans la haveuse de Sprague. Bien que la question soit étrangère à l'étude des perforatrices proprement dites, l'idée est curieuse et mérite d'être signalée comme moyen d'augmenter l'effet de lancé d'un outil de battage et d'utiliser un mouvement oscillatoire. Un compresseur d'air à simple effet (fig. 37) est muni simple-

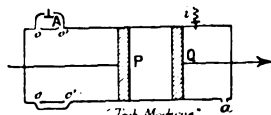


FIG. 37. — Dispositif de la haveuse système Sprague.

ment d'une soupape d'aspiration A ; la particularité réside en ce que, à la fin de la phase de compression, l'air, au lieu d'être expulsé, passe sur la face avant du piston par une série d'ouvertures o o'. On a donc sur cette face, d'abord une succion modérée pendant un retour du piston, puis lors du démasquement de o o' une expansion brève et intense prolongée pendant la course avant

par une poussée modérée ; c'est bien ce que demande un outil batteur. Le piston Q de celui-ci se déplace dans le même corps de pompe ; sa face avant est normalement à l'atmosphère ; sa face arrière reçoit l'impulsion de l'air de P ; l'expulsion, nécessaire puisqu'il y a aspiration par A, se fait par soupape réglée i.

L'installation dans le même cylindre du pulsateur et de l'outil fait que la machine n'échappe pas au reproche habituel, la nécessité du flexible ou celle du moteur monté sur le même bâti (en fait, dans la haveuse Sprague, le moteur est électrique, fait corps avec la perforatrice, et donne à P son mouvement d'oscillation par un engrenage de La Hire) ; mais rien n'empêcherait d'avoir deux cylindres distincts avec tuyau souple de communication. Aucun outil batteur, que nous sachions, n'a été conçu sur ce principe.

II. — Les mouvements de rotation et d'avancement.

39) Autant les distributions sont variées, autant les moyens mis en œuvre pour réaliser les mouvements de rotation du fleuret et d'avancement du corps de la perforatrice sont restreints.

Pour les perforatrices proprement dites, la rotation automatique est indispensable. Sauf dans quelques types tombés en désuétude, l'air comprimé n'y a aucun rôle direct ; c'est le battage lui-même du porte-outil qui, dans l'une des courses, provoque sa propre rotation d'une fraction de tour, tandis que l'autre course est rectiligne. C'est toujours la période de retour dont on fait choix pour provoquer la rotation, et ce afin de laisser à l'outil

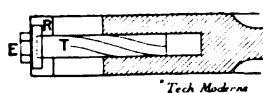


FIG. 38.



FIG. 39.

Dispositifs de mécanismes de rotation.

dans sa course avant toute sa puissance de frappe. Généralement aussi, les constructeurs préfèrent placer le mécanisme de rotation à l'arrière ; on n'y perd rien en force motrice à condition de ménager des canaux permettant à l'air vif d'agir sur toute la section du piston, et on y gagne en robustesse et en commodité, surtout pour le réglage. Une tige cannelée se visse à cet effet dans un écrou du piston et se termine d'autre part par une tête renflée placée dans un logement spécial à l'arrière du fond de cylindre. Tout l'artifice consiste à caler la tête de vis pendant la course retour et à la rendre au contraire, dans la course avant, libre de tourner dans son écrou. C'est sur ce point seul que les constructions diffèrent un peu.

Dans le type le plus ancien et encore le plus répandu, la liberté de rotation dans un sens et la fixité dans l'autre sont obtenues à l'aide d'une roue à cliquets portée par la tête de vis, tandis que les axes des cliquets sont portés par le bâti ; la disposition inverse, plus rare, paraît cependant plus avantageuse ; les cliquets sont alors (fig. 38) portés par la tige T, et le rochet R est simplement maintenu en serrage contre la boîte à l'aide de ressorts ou même simplement à l'aide d'un gros écrou d'assemblage E, qui fait saillie au dehors à portée de la main ; en s'assurant pendant la marche que le serrage de cet écrou reste modéré, on évite la rupture des cannelures que la fixité du rochet rendrait presque inévitable en cas de coincement de l'outil.

Au cliquet, assez fragile, certains constructeurs, surtout dans les types récents, préfèrent avec raison, semble-t-il, l'emboîtement ou le déboîtement de deux plateaux à griffes, dont l'un R forme la tête de la tige cannelée et dont l'autre R' est serré par l'écrou d'assemblage. Dans la course avant, l'écrou entraîne la tige cannelée, ce qui suffit à assurer le déboîtement de R ; au retour, la mise en prise se fait par le même entraînement des cannelures par l'écrou, mais en sens inverse.

On ne peut guère imaginer quelque chose de plus simple et de plus robuste; mais un fonctionnement reposant sur le frottement est toujours aléatoire; aussi rencontre-t-on dans les applications de ce procédé des dispositifs complémentaires. Dans la perforatrice Fröhlich (p. 39, à gauche), le plateau R' est prolongé par un pistonnet qui se meut dans une petite chambre c où l'on admet l'air comprimé pendant la période de retour, l'échappement pendant la course avant. Dans la Temple-Ingersoll (fig. 39, à droite, p. 454), de petits clapets à ressorts *q* pressent sur R; dans la course avant, l'air vif est admis dans la chambre des roues, les clapets repoussent leurs ressorts et laissent R libre de se débayer; ils tendent au contraire à provoquer l'embrayage lors de la mise à l'échappement de la chambre arrière.

Il faut citer aussi le type assez particulier de la Vahrwolff, dans lequel la rotation unilatérale s'obtient par l'interposition de billes entre le rochet solidaire de la tige cannelée et une enveloppe concentrique à denture correspondante; le mouvement des billes aisé sur les faces à faible inclinaison des dentures est coincé sur les faces redressées dans la course arrière; vu la différence de dureté des aciers des billes et des dents, l'usure porte uniquement sur les premières dont le remplacement est facile.

40) L'indépendance du fleuret et du percuteur pose le problème dans d'autres termes pour les marteaux. Dans certains outils, surtout quand le fleuret est muni du taillant en rose à 6 ou 8 pans, des constructeurs préfèrent la rotation irrégulière qu'on peut donner à la main, arguant qu'on évite mieux les coincements; mais la tendance générale, au moins avec les marteaux lourds, est d'adopter la rotation automatique. De quelque façon qu'on la réalise, il faut toujours une pièce supplémentaire, une douille destinée à transmettre au fleuret le mouvement de rotation; en voici deux solutions :

Dans le marteau Franke (fig. 40), l'un des premiers appliqués à l'abatage, le percuteur P glisse dans la douille D mobile elle-même dans le cylindre C. Un goujon *g* qui traverse le percuteur glisse dans deux rainures rectilignes du cylindre C; le percuteur n'a donc que son mouvement rectiligne de battage, et c'est la douille seule qui donne le mouvement de rotation; à cet effet, le goujon passe dans deux rainures hélicoïdales pratiquées dans cette douille qui tourne dans un sens à l'aller, en sens inverse au retour; il suffit alors

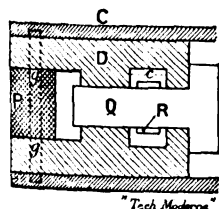


FIG. 40. — Dispositif de rotation dans le marteau système Jackhammer.

d'un cliquet, dont l'arbre *c* est solidaire de cette douille, cliquet commandant une roue R solidaire de la tête de choc Q, pour détruire une de ces rotations et transmettre l'autre à l'outil.

On retrouve dans le Jackhammer le même principe du guidage rectiligne pour le piston et hélicoïdal pour la douille, mais sous des formes différentes (fig. 41). Une tige cannelée T et le dispositif habituel du cliquet à l'arrière C assurent un retour rectiligne

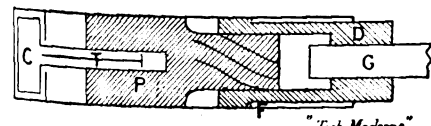


FIG. 41. — Dispositif de rotation dans le marteau système Franke.

au percuteur P, parce que la cannelure est rectiligne, mais laissent indéterminée sa course avant. Pour celle-ci, la douille D, où se visse la tige proprement dite du percuteur par cannelures hélicoïdales, bute à frottement contre le fond de cylindre F; le frottement suffisant pour empêcher toute rotation de la douille dans la course avant oblige le percuteur, libre d'autre part à l'arrière, à se visser dans son écrou. C'est l'inverse au retour, où le percuteur rectilignement guidé à l'arrière oblige l'écrou-douille à tourner sur ses cannelures. La douille a ainsi la rotation limitée à la période de retour qui con-

vient au fleuret, et il suffit d'un emmanchement polygonal G de ce dernier pour lui transmettre ce mouvement.

41) Quant au mouvement qui permet à l'ensemble de l'outil perforateur de suivre l'approfondissement du trou de mine, il est très fréquemment automatique dans les marteaux, au moins

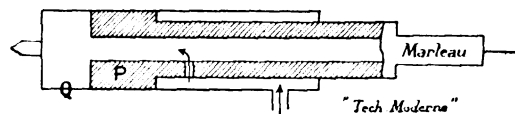


FIG. 42. — Dispositif d'avancement automatique des marteaux.

les marteaux lourds; il est au contraire l'exception pour les perforatrices.

La possibilité de trouver un point d'appui au fond du trou que ne quitte pas le taillant rend la réalisation de l'avancement automatique particulièrement simple avec les marteaux pneumatiques; il suffit de pousser continuellement le cylindre du marteau contre le fleuret par un piston P coulissant dans une colonne creuse Q et recevant la pression de l'air comprimé (fig. 42). La forme la plus usuelle est celle d'un piston différentiel creux par où l'air vif peut accéder à l'outil: cette forme concilie une poussée modérée à l'avant (seule la surface annulaire est utile à la poussée) et une résistance au voilement suffisante. Souvent cette colonne constitue le seul appui, piquée contre un bois ou une anfractuosités quelconque du terrain; d'autres fois, pour les marteaux lourds, le support est l'affût colonne ordinaire des perforatrices avec son bras vissé sur le cylindre du piston d'avancement (fig. 43).

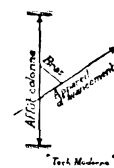


FIG. 43.

42) En ce qui concerne les perforatrices, la solution est encore à trouver. Ce n'est pas qu'elle soit difficile en principe; les perforatrices les plus anciennes, comme la Sachs, en étaient déjà munies. On peut agir par came sur un cliquet quand la course est trop longue; on peut aussi, comme dans la perforatrice Ferroux (fig. 44), avoir un avancement différentiel analogue à celui

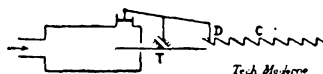


FIG. 44. — Dispositif d'avancement dans la perforatrice système Ferroux.

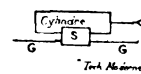


FIG. 45. — Dispositif d'avancement dans la perforatrice système Ruhrtaler.

des marteaux, mais qui n'agit que quand la course du fleuret devient trop longue, celui-ci venant alors par un taquet T libérer momentanément une dent D solidaire du cylindre et normalement en prise contre une crémaillère C solidaire de l'affût. On peut enfin (fig. 45), comme dans la Ruhrtaler, utiliser le recul du cylindre au retour en le montant sur une glissière G à l'aide d'un sabot à coincement S, qui ne permet que le mouvement à l'avant; ce serait encore la plus simple des solutions, mais le réglage paraît difficile.

Ce qui fait, en somme, le peu de succès de tous ces dispositifs, c'est que l'avancement à main par vis est extrêmement simple et satisfaisant, et que l'avancement automatique n'a pas d'intérêt sérieux dans les battages ordinaires; il ne rendrait service, en économisant de la main-d'œuvre, que dans les cas de forage à grande section, à trois ou quatre outils fonctionnant simultanément, et ce cas est plutôt rare dans l'art des mines proprement dit.

L. CRUSSARD,

Ingenieur au Corps des Mines,
Professeur à l'Ecole nationale des Mines
de Saint-Etienne.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE

LA PANIFICATION ET LES PÉTRINS MÉCANIQUES⁽¹⁾

(Suite.)

Pétrin « Le Marseillais ». — Ce pétrin (fig. 20), du système Alcide Brun, est construit par MM. Daverio, Henrici et C^o.

Il se compose d'une cuve tournante montée sur billes et de deux pétrisseurs fraseurs verticaux avec arêtes en bois et de

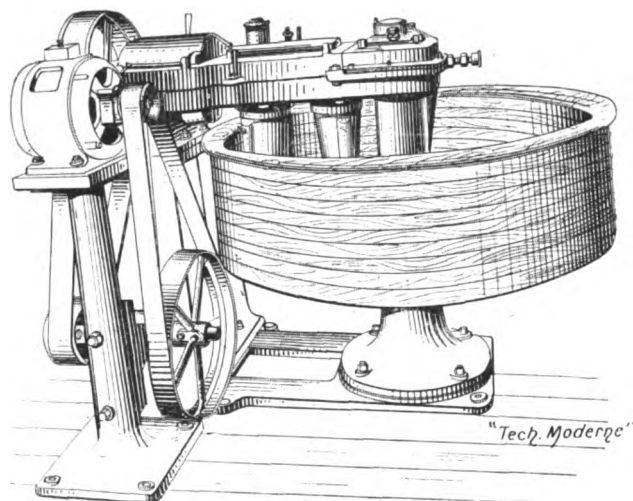


FIG. 20. — Pétrin « Le Marseillais ».

forme spéciale. Il peut être actionné à deux vitesses différentes.

La puissance moyenne nécessaire pour l'actionner varie de un demi à deux tiers de cheval-vapeur.

5° PÉTRIN A DEUX FRASEURS S'ENCHEVÊTRANT EN TOURNANT DANS UN PLAN HORIZONTAL ET A DEUX ALLONGEURS TOURNANT DANS LE PLAN VERTICAL. — *Pétrin C.-A.-J. et H. Roger.* — Il est constitué par une cuve hémisphérique en fonte, montée sur six galets et animée d'un mouvement de rotation lent autour d'un axe vertical muni d'une couronne dentée engrenant avec une vis sans fin.

Le mécanisme pétrisseur comporte deux fraseurs et deux allongeurs (fig. 21).

Au milieu de la cuve tournent verticalement, en sens contraire l'un de l'autre et à la même vitesse angulaire, les deux fraseurs constitués chacun par un losange en fer. L'un des fraseurs entraîne l'autre par l'intermédiaire de roues dentées. Sur l'arbre de commande est calé un pignon conique qui engrène avec une roue conique fixée à l'extrémité d'un arbre que l'on peut remonter et débrayer pour arrêter le travail des fraseurs. Cet arbre se termine par une roue conique engrenant avec une roue horizontale solidaire d'un pignon denté qui engrène lui-même avec une roue dentée calée sur l'axe de l'un des fraseurs.

Pendant la première période du travail, les fraseurs et les allongeurs fonctionnent simultanément. Puis on arrête et on remonte les fraseurs et le travail se continue avec les allongeurs seuls.

Les deux allongeurs, constitués chacun par un bras courbé à peu près suivant le quart d'une circonférence, sont placés chacun à

l'extrémité d'un axe horizontal sur lequel ils sont calés; ils ont même sens de rotation et même vitesse angulaire. Chaque axe porte une roue hélicoïdale dentée, entraînée par une vis à un filet; cette dernière est montée à l'extrémité d'un arbre transversal actionné par deux roues d'angle, dont l'une est clavetée sur l'arbre de commande.

Dans leur mouvement de rotation, les allongeurs, guidés par des cames circulaires fixes, se rapprochent vers le quart inférieur et antérieur de leur course, pour s'écarter au maximum à la partie

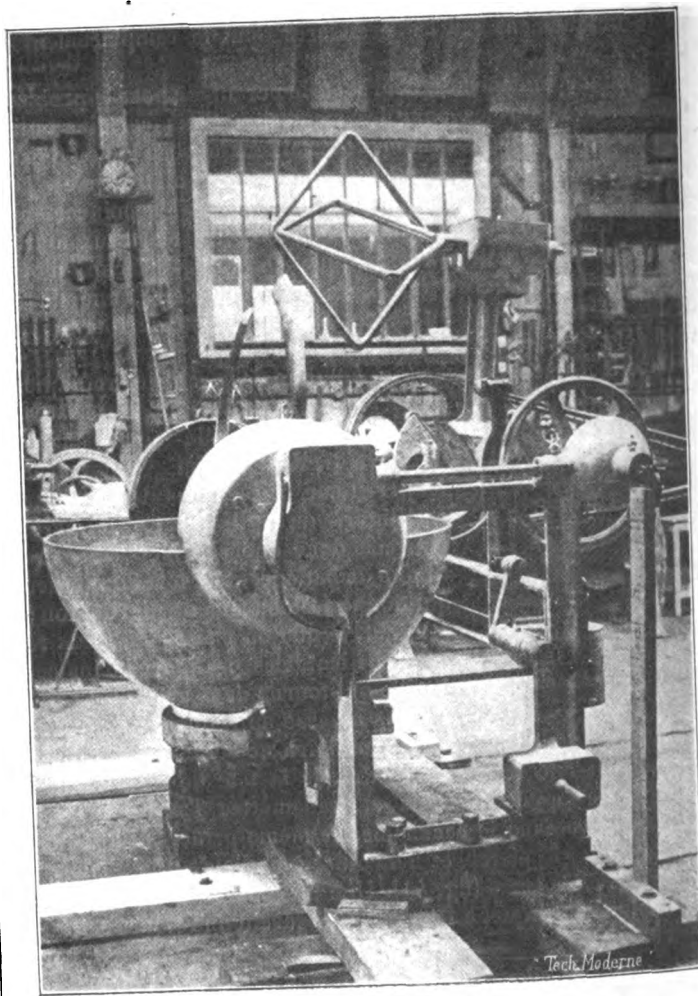


FIG. 21. — Pétrin C. A. J. et H. Roger.

supérieure de cette course, c'est-à-dire au-dessus de la cuve, afin d'éviter tout contact avec les fraseurs.

La pétrissée terminée, on amène les allongeurs à la partie supérieure de leur course, on ouvre un collier inférieur et on déplace la cuve qui roule sur ses galets.

Pour préparer 172 kg 75 de pâte ferme, il faut 12 minutes 30 secondes.

La puissance moyenne dépensée est de 247 kgm 17 par seconde, soit 3,3 chevaux-vapeur, avec un maximum de 5 chevaux-vapeur.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 9, p. 501; n° 10, p. 556; t. III, n° 2 (Février 1911), p. 71, et n° 7 (Juillet 1911), p. 103.

6° PÉTRINS COMPORTANT UNE PIÈCE ANIMÉE D'UN MOUVEMENT ALTERNATIF. — *Pétrin Kustner frères.* — La cuve de forme presque hémisphérique est en fonte ; elle est montée sur un pivot vertical. A sa partie inférieure, la cuve est munie d'une roue hélicoïdale dentée engrenant avec une vis sans fin montée sur l'arbre de commande situé au-dessous de la machine ; dans ces conditions, la cuve est animée d'un mouvement de rotation (fig. 22).

A chacune de ses extrémités, l'arbre de commande possède, en outre, un pignon en cuir engrenant avec une roue dentée. Chacune de ces roues porte un bouton de manivelle, de 250 mm de rayon, articulé avec une bielle ; elle est munie d'un bras terminé par une palette servant d'organe pétrisseur.

A sa partie supérieure, la bielle oscille autour d'un tourillon

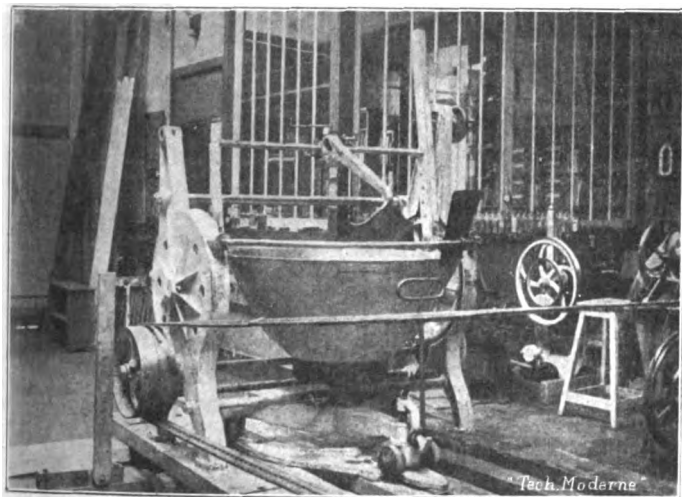


FIG. 22. — Pétrin Kustner frères.

fixe, engagé dans un coulisseau qui glisse dans un fer en U solidaire de la bielle ; on peut modifier sa distance à l'axe de la roue dentée, pendant le travail, à l'aide d'un volant agissant sur un pignon en prise avec une crémaillère légèrement oblique.

L'organe pétrisseur, c'est-à-dire la palette, se déplace dans un plan vertical et, en même temps, la cuve tourne lentement.

La pétrissée terminée, on retire la cuve en la faisant rouler sur le chariot à avant-train qui la supporte, afin de la dégager de la machine.

Pour préparer 172 kg 75 de pâte ferme, il faut 10 minutes 30 secondes.

La puissance moyenne dépensée est de 51 kgm 74 par seconde, soit 0,69 cheval-vapeur avec un maximum de 0,85 cheval-vapeur.

Pétrin W. Pott. — La cuve de ce pétrin, animée d'un mouve-

ment de rotation, est en tôle étamée avec fond en fonte. Elle a la forme tronconique (fig. 23).

L'arbre de commande porte une poulie qui actionne, par l'intermédiaire d'une courroie croisée, une autre poulie placée à la partie inférieure du bâti et calée à l'extrémité d'un arbre horizontal portant une vis sans fin engrenant avec une roue hélicoïdale.

L'organe pétrisseur est une fourche en fer étamé actionnée de la manière suivante : l'arbre de commande, indépendamment de la poulie transmettant le mouvement à la cuve, porte un pignon en cuir qui engrène avec une roue dentée calée sur un arbre à vilebrequin, placé au-dessus de l'arbre de commande. Ce vilebrequin, de 125 mm de rayon, est articulé avec une bielle, guidée dans son mouvement angulaire par une coulisse folle dont l'axe

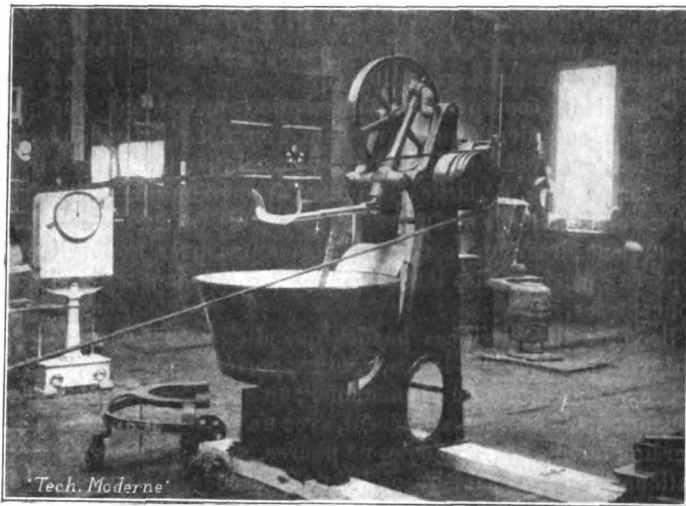


FIG. 23. — Pétrin W. Pott.

horizontal se trouve à 415 mm de celui du vilebrequin. La bielle de 1 300 mm de longueur se termine par la fourche en fer ; elle est articulée et peut être relevée, une fois la pétrissée terminée, afin de faciliter l'enlèvement de la pâte.

La cuve est munie d'un racloir fixe en fer étamé ; elle peut être soulevée à l'aide d'un volant à main et placée sur un tricycle permettant de la déplacer une fois le travail terminé.

Pour préparer 172 kg 75 de pâte ferme, il faut 9 minutes.

La puissance moyenne dépensée est de 84 kgm 30 par seconde, soit 1,12 cheval-vapeur, avec un maximum de 1,30 cheval-vapeur. Ce pétrin est construit par M. Nieulant-Pelkman, de Rotterdam (Pays-Bas).

(A suivre.)

J.-A. MONTPELLIER,
Président de la Section du Jury des pétrins mécaniques,
à l'Exposition de Marseille.

CHIMIE INDUSTRIELLE

EMPLOI DE LA SPECTROSCOPIE DANS L'INDUSTRIE CHIMIQUE

La spectroscopie, créée surtout par les travaux de Bunsen et Kirchhoff, rend journellement des services dans les laboratoires de chimie pour déceler les métaux ; c'est un instrument indispensable pour le chimiste qui s'occupe des terres rares, des gaz nouveaux ; on s'en sert aussi couramment dans les usines métallurgiques.

Un autre mode d'emploi, assez peu répandu en France, consiste à s'en servir pour déceler les matières colorantes susceptibles de donner des spectres d'absorption ; la spectroscopie peut donc être employée dans les industries tinctoriales : teintureries et impressions, ainsi que dans les fabriques de matières colorantes artificielles ou naturelles. De fait, outre-Rhin, le

spectroscope est devenu dans les usines de matières colorantes, et même dans certaines indiennes et teintureries, un instrument indispensable.

Il nous a donc semblé intéressant de résumer rapidement la méthode d'analyse spectrale appliquée aux matières colorantes, telle qu'elle a été établie par J. Formànek, de Prague, et d'attirer l'attention des industriels sur cette méthode destinée surtout à l'analyse industrielle.

GÉNÉRALITÉS. — L'emploi de l'analyse spectrale pour caractériser les substances donnant des solutions colorées est relativement ancien. Dès 1870, une série d'auteurs se sont occupés de cette question ainsi que des relations qui peuvent exister entre la constitution de la matière colorée et son spectre d'absorption, notamment MM. Hartley, H. W. Vogel, E. Vogel, Kruss, Grebe, Bernthsen, C. Camichel et P. Bayrac, etc. On trouvera aussi dans une série de publications les spectres d'absorption de nombreuses matières colorantes (1).

Cependant, ces spectres d'absorption présentent quelques graves inconvénients qui en rendent l'emploi peu commode. Le premier défaut est d'avoir été obtenu en solution trop concentrée : il se forme alors de larges bandes d'absorption peu caractéristiques et difficiles à mesurer. Or, la mesure est un élément précieux pour situer un spectre, et il est à peu près impossible de repérer exactement les larges bandes formées dans des solutions concentrées.

Seconde difficulté : ces bandes quand elles sont mesurées, ce qui n'est pas toujours le cas, sont rapportées à une échelle arbitraire ou aux lignes de Fraunhofer ; un second observateur possédant un spectroscope différent, avec un prisme d'une autre dispersion ou une autre échelle, ne pourra guère se servir des indications primitives ; il sera obligé de procéder par comparaison, ce qui suppose qu'il possède les substances nécessaires.

Le procédé spectroscopique primitif a, il est vrai, beaucoup été perfectionné depuis. En photographiant par exemple les spectres d'absorption dans des solutions de concentrations différentes, on arrive à reproduire très exactement la forme et la position des bandes d'absorption ; mais ce procédé, rigoureusement et scientifiquement exact, est trop compliqué pour la pratique industrielle.

Entre ces deux extrêmes : le procédé sommaire employé jadis, et le procédé photographique, il y avait de la place pour un troisième procédé, rapidement exécutable et suffisamment exact pour les besoins de la pratique industrielle. C'est le mérite de M. Formànek, professeur à l'Ecole polytechnique de Prague, d'avoir créé la technique de cette méthode et d'avoir démontré dans son livre l'application pratique de celle-ci (2).

Voyons maintenant les éléments principaux de cette méthode.

PRINCIPES DE LA MÉTHODE SPECTROSCOPIQUE. — Lorsqu'un faisceau de lumière blanche traverse un prisme, il est décomposé en donnant un spectre coloré allant du rouge au violet. Si, dans le trajet des rayons blancs, avant qu'ils ne tombent sur le prisme, on intercale une solution de matière colorante, suffisamment diluée pour n'absorber qu'une partie des rayons, on n'apercevra plus un spectre continu comme avant, mais celui-ci sera partagé par des raies ou bandes noires de position et d'étendue variables, selon la nature du colorant et la concentration de ses solutions.

En diluant d'une façon systématique la solution colorée, les bandes diminueront d'intensité et de largeur ; il arrivera un moment où elles seront suffisamment étroites et suffisamment nettes

pour être mesurées avec précision. La méthode de M. Formànek procède donc, en somme, comme l'ancienne méthode ; seulement, et c'est là le grand progrès réalisé, on ne se sert pas d'une concentration arbitraire, mais d'une concentration limite où les spectres sont encore suffisamment visibles pour être mesurés avec précision. Cette limite de concentration atteinte, on mesure, à l'aide d'un dispositif approprié, la position exacte des bandes d'absorption, qui sont caractéristiques pour le colorant.

Quant à la concentration nécessaire elle se détermine empiriquement ; on y arrive sans aucune difficulté avec un peu d'expérience.

Un examen de la figure 1 montre pour quelques colorants le progrès réalisé par la méthode de M. Formànek.

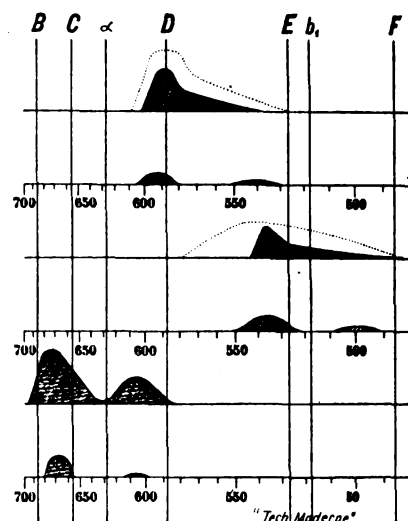


FIG. 1. — 1, spectre d'absorption du violet méthyle d'après Vogel (*Memento du chimiste*, p. 734) ; 2, spectre d'absorption du violet méthyle d'après M. Formànek ; 3, spectre d'absorption de la safranine d'après Vogel ; 4, spectre d'absorption de la safranine d'après M. Formànek ; 5, spectre d'absorption du bleu méthylène d'après M. Bernthsen ; 6, spectre d'absorption du bleu méthylène d'après M. Formànek. (B, C, α, D, E, b₁, et F, sont les raies du spectre solaire ; les chiffres indiquent les longueurs d'ondes en μm.)

APPAREILS SPECTROSCOPIQUES. — Pour observer ou déterminer les spectres d'absorption des matières colorées, on se sert d'un spectroscope à prisme ordinaire, dont la description se trouve dans tous les traités de physique.

Il est bon, cependant, de faire remarquer que la dispersion du prisme ne doit pas être trop forte, sans quoi les raies d'absorption manquent de netteté et sont difficiles à mesurer. Le grossissement de l'oculaire doit être assez fort.

On place la solution à examiner devant la fente symétrique du spectroscope en prenant quelques précautions dont nous parlerons plus loin. Il faut ensuite avoir un dispositif permettant de mesurer la position des raies. La troisième branche, qui possède généralement une division arbitraire, ne sert pas à cet usage ; il est préférable de placer devant l'oculaire un réticule que l'on fait coïncider avec les raies. Pour cela, la branche portant l'oculaire est mue par une vis micrométrique, et le déplacement peut être mesuré sur une échelle horizontale, d'une part, et sur le bouton de manœuvre divisé en cent parties, d'autre part.

Comme le mouvement de la vis déplace l'oculaire d'une façon régulière à chaque tour, mais que la dispersion varie pour les différentes parties du spectre, il n'y a naturellement aucun rapport simple entre les mesures ainsi effectuées et les longueurs d'ondes.

On est donc obligé de jauger d'abord l'appareil en construisant la courbe des longueurs d'ondes. On se sert à cet effet des raies du spectre solaire ou des spectres d'émission des métaux ; les valeurs intermédiaires sont déterminées par interpolation.

Pour repérer l'instrument, on a recours à la raie jaune du sodium (D) du spectre solaire) que l'on fait concorder avec la division 10. On aura ainsi, par exemple, pour l'appareil employé par M. Formànek :

Raie solaire. . .	C	α	D	E	b ₁	F	G
Division.	7,89	8,69	10,0	12,85	13,35	15,48	20,67
Longueur d'onde (en μm)	656,3	627,8	589,6	527,0	518,3	486,1	430,8

(1) *Memento du Chimiste*, Paris 1907, p. 734.

(2) *Spektralanalytischer Nachweis Künstlicher organischer Farbstoffe* par J. Formànek, 1^{re} édition, Berlin 1900 ; 2^e édition, 1^{re} partie (en collaboration avec E. Grandmougin), Berlin 1908. — 2^e partie, Berlin 1911.

Comme généralement un instrument diffère de l'autre, il faut, pour arriver à des mesures absolues, construire, ainsi que nous venons de l'exposer, la courbe des longueurs d'ondes. C'est une opération assez longue, mais indispensable pour le spectroscopie à prisme (1).

Il est donc fort précieux qu'il existe un spectroscopie à réseau

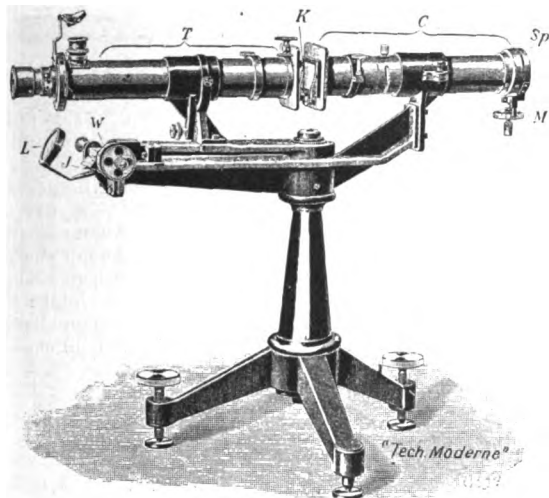


FIG. 2. — Spectroscopie à réseau donnant directement les longueurs d'ondes. — Sp, fente réglable par la vis M ; C, collimateur ; K, réseau ; T, lunette mobile avec oculaire ; L, loupe ; J, division ; W, bouton de manœuvre de la vis micrométrique divisé en 100 parties.

permettant de mesurer directement des longueurs d'ondes. Un instrument de ce genre vient d'être construit récemment par la maison Zeiss sur les indications de M. J. Formànek (2) (fig. 2).

La mesure s'effectue à l'aide d'une lunette à réticule et les chiffres donnent directement les spectres d'absorption en

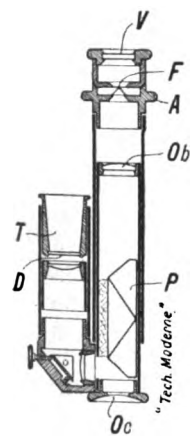


FIG. 3. — Petit spectroscopie à vision directe. — V, verre dépoli ; F, fente réglable à l'aide de l'anneau A ; Ob, objectif ; P, prisme d'Amici ; T, tube avec division D en longueur d'ondes ; Oc, oculaire.

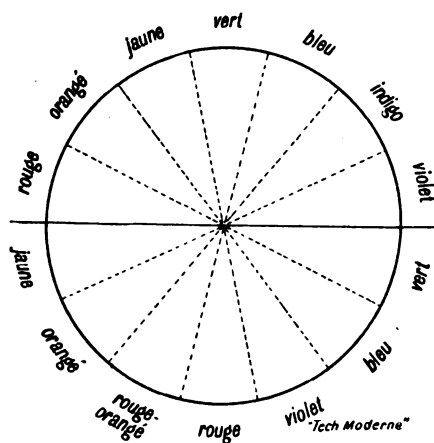


FIG. 4. — Rapport entre les solutions colorées et les parties du spectre dans lesquelles se produit l'absorption. (La partie inférieure de la figure correspond aux solutions colorées ; la partie supérieure, aux spectres.)

longueurs d'ondes, ce qui dispense d'un tarage fort long et minutieux. De plus, par l'emploi d'un réseau, la dispersion est à peu près la même dans toutes les parties du

spectre, ce qui est avantageux car, avec le spectroscopie ordi-

nairé à prisme, les spectres s'élargissent vers le violet, ce qui rend les mesures un peu plus difficiles. Par contre, les spectres sont plus faibles, ce qui oblige d'avoir recours à une source lumineuse suffisamment forte.

Dans bien des cas, et pour la pratique industrielle surtout,

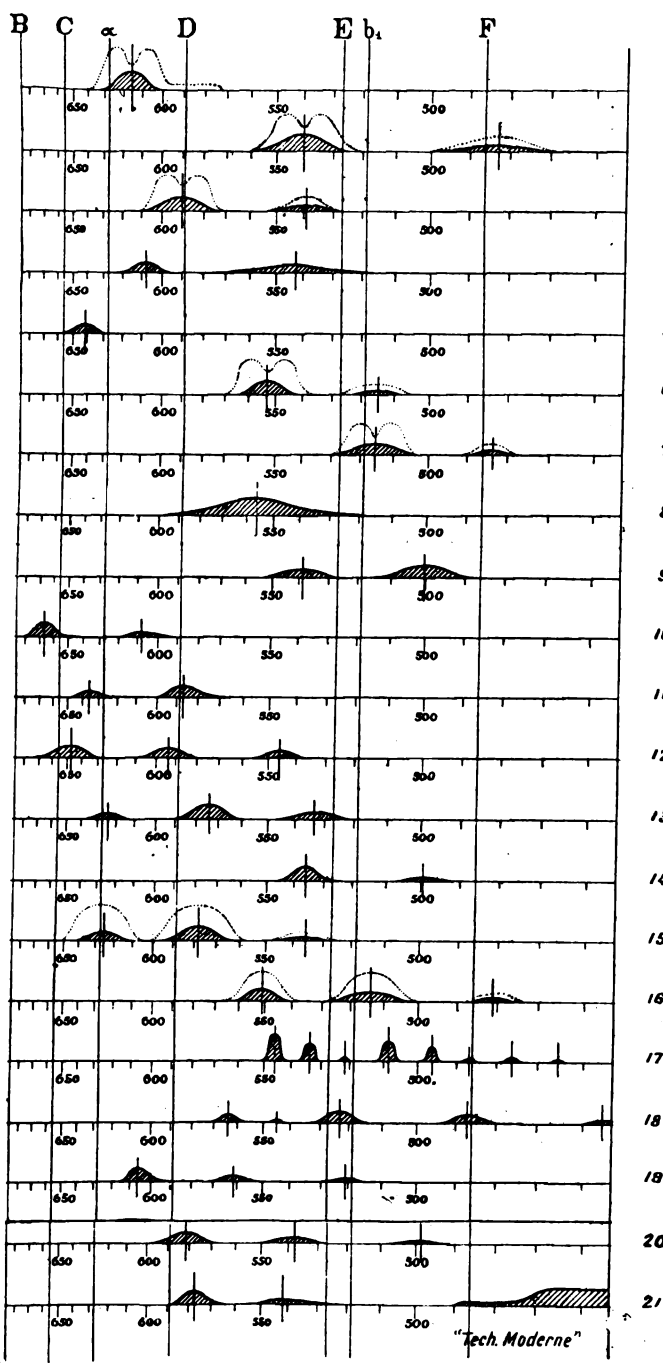


FIG. 5. — Spectres d'absorption d'après M. Formànek. — 1, vert malachite en solution aqueuse ; 2, fuchsine en solution aqueuse ; 3, violet cristallisé en solution aqueuse ; 4, violet acide 6B en solution aqueuse ; 5, violet acide 6B en solution aqueuse acide ; 6, rhodamine B en solution aqueuse ; 7, éosine bleue en solution aqueuse ; 8, bleu méthyle alcalin en solution aqueuse ; 9, chromotrope 2R en solution aqueuse ; 10, bleu méthylène en solution aqueuse ; 11, bleu méthylène nouveau X en solution aqueuse ; 12, prune pure en solution aqueuse ; 13, bleu nouveau R en solution alcoolique ; 14, safranine T en solution alcoolique ; 15, alizarine en solution alcoolique alcaline (potasse caustique) ; 16, purpurine en solution alcoolique alcaline (potasse caustique) ; 17, bleu anthracène WR en solution alcoolique ; 18, orcanette en solution alcoolique ; 19, orcanette en solution alcoolique additionnée de chlorure de magnésium ; 20, extrait d'orseille en solution aqueuse ; 21, sang.

on peut employer un spectroscopie à vision directe (fig. 3), tel

(1) M. A. Hilger, à Londres, a construit tout récemment des spectroscopies à prisme avec vis micrométrique permettant de déterminer directement les longueurs d'ondes.

(2) Voir pour les détails de construction : M. F. Löwe, *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, 1908, n° 9.

TABLEAU I. — SPECTRES D'ABSORPTION DES

NUMÉROS	COLORANTS	SOLUTION AQUEUSE	
		neutre	acide
1.	Vert malachite	616,9	Se décolore lentement.
2.	Fuchsine	544,5 486,4	Se décolore lentement.
3.	Violet cristallisé	590,5 539,5	Verte : 630,5
4.	Violet acide 6B	607,5 542,5	Verte : 640,4
5.	Rhodamine B	552,6 514,6	557,0 516,8
6.	Eosine bleue	537,3 498,5	Se décolore.
7.	Bleu méthyle alcalin	556,0	541,5
8.	Chromotrope 2R	501,6 539,5	Aucun changement.
9.	Bleu méthylène	667,4 608,4	Aucun changement.
10.	Bleu méthylène nouveau N	587,0 636,4	Aucun changement.
11.	Prune pur	649,0 593,5 546,5	Rouge violet : 543,5 504,0
12.	Bleu nouveau R	620,1 572,0 531,2	Aucun changement.
13.	Safranine T	529,4 497,7	Aucun changement.
14.	Alizarine	—	—
15.	Purpurine	—	—
16.	Bleu d'anthracène WR (Hexaoxyanthraquinone)	—	—
17.	Orcanette	—	—
18.	Orseille (extrait d')	582,0 537,5 498,5	512,8 594,3
19.	Sang	578,1 541,7	—

qu'il sert déjà dans les industries métallurgiques. Il porte une division en longueurs d'ondes et, avec une certaine habitude, on arrive à une exactitude suffisante pour des déterminations pratiques.

L'appareil est excessivement commode et a surtout pour lui la modicité de son prix d'achat.

PRATIQUE DE LA SPECTROSCOPIE. — La méthode spectroscopique de M. Formánek repose maintenant sur les faits suivants confirmés par des milliers d'observations :

1° Les spectres d'absorption des matières colorantes se présentent sous des formes bien définies et caractéristiques ;

2° Chaque matière colorante et colorée (il ne s'agit ici, bien entendu, que d'individus chimiques) donne une ou plusieurs raies d'absorption à forme et position invariables, à condition de se servir du même dissolvant ;

3° Les spectres d'absorption sont modifiés par l'action de réactifs chimiques : acides ou alcalis additionnés à la solution du colorant. Les modifications de coloration ou du spectre qui en résultent peuvent également être caractéristiques.

Dans toutes ces observations, il ne s'agit que du spectre visible à l'œil nu ; la méthode de M. Formánek néglige tout à fait la partie du spectre située dans l'ultra-violet, qui peut servir pour des déterminations scientifiques, mais qui n'est guère accessible au praticien.

En règle générale, on peut dire que, dans la partie visible du spectre, les raies d'absorption se trouvent dans la partie du spectre dont la couleur est la complémentaire de la solution colorée.

A l'aide du graphique donné par la figure 4 (p. 459), il sera donc facile de s'orienter dans les cas les plus simples. Il est juste d'ajouter que certaines matières colorantes, notamment les dérivés de l'anthraquinone, peuvent montrer des bandes dans toute l'étendue du spectre.

Voici maintenant comment on procédera pour l'analyse d'une matière colorante.

Celle-ci sera dissoute dans un solvant approprié : eau, alcool, alcool amylique, acide acétique, xylène, etc., dépendant du colorant employé et de sa solubilité, puis la solution est mise dans un tube à essai ordinaire d'un diamètre d'environ 12 mm.

L'éprouvette est supportée par un support à ressort et placée juste devant la fente du spectroscope. L'éclairage se fait à l'aide d'un bec Auer placé à environ 15 cm de distance ; on peut aussi se servir d'une lampe électrique.

On observera le spectre formé, puis l'on diluera la solution, s'il est nécessaire, jusqu'à ce que le spectre soit absolument net.

La concentration à laquelle ce résultat est atteint est variable, selon le colorant employé ; elle est par exemple de 1 : 80 000 pour le vert malachite.

La forme de la bande d'absorption ainsi que la disposition des raies, s'il y en a plusieurs, seront d'abord notées, car cela est caractéristique pour le groupe spectroscopique auquel appartient le colorant.

Puis l'on procédera à la mesure des raies d'absorption, en commençant par les plus faibles ; on diluera ensuite pour diminuer l'intensité des plus foncées, de façon à les obtenir suffisamment étroites et nettes pour une mesure rigoureuse. Si la différence entre les différentes raies n'est pas trop considérable, on peut aussi ouvrir un peu plus la fente du spectroscope, ce qui fait entrer plus de lumière et rend les bandes plus transparentes.

Quant à la mesure, elle se fera selon l'appareil employé. Dans le petit spectroscope à vision directe, on peut déterminer directement la longueur d'onde à l'aide de la division correspondante ; avec un appareil muni d'un réticule, on déplacera la lunette d'observation jusqu'à ce que le croisement des fils coïncide avec la partie la plus obscure de la bande d'absorption. Si la bande est un peu large, on pourra mesurer les deux bords de la bande, puis prendre la moyenne ; avec une certaine habitude, il suffira de déterminer le milieu (si la bande est symétrique).

Nous résumons dans la figure 5 (p. 459) une série de spectres d'absorption obtenue d'après la méthode qui vient d'être décrite et qui, comparés aux anciens graphiques du *Memento du chimiste*, se distinguent par leur grande netteté.

Dans certains cas, les résultats ainsi obtenus peuvent suffire pour déterminer la matière colorante ; dans d'autres cas, il faudra encore avoir recours à des réactions chimiques.

Dans ce but, la solution colorée est divisée en quatre parties : la première sert de type, la seconde est additionnée d'acide chlorhydrique 1 : 5, la troisième d'ammoniaque 1 : 5, la quatrième, enfin, de potasse caustique 1 : 10.

COLORANTS D'APRÈS LES TABLES DE M. FORMANEK.

SOLUTION ALCOOLIQUE			
alcaline	neutre	acide	alcaline
Décolorée.	621,0	621,0	Décolorée.
Décolorée.	552,4 500,8	Aucun changement.	Jaune orangé.
Décolorée.	591,1 544,5	Aucun changement.	Décolorée.
Se décolore lentement.	603,0 554,6	Aucun changement.	Décolorée.
Aucun changement.	543,5 505,6	553,5 513,9	Aucun changement.
Aucun changement.	549,9 509,5	Décolorée.	548,9 508,7
Bleu violacé.	597,4	La coloration augmente.	Rouge.
Jaune rouge.	507,5 545,5	Aucun changement.	Rouge orangé.
Aucun changement.	657,4 602,1	Aucun changement.	Décolorée.
Violette.	630,8	Aucun changement.	Rose.
Violette.	610,2	Rouge violet : 547,5 592,2 508,8	Rouge violet faible.
Jaune.	623,0 574,5 583,0	Aucun changement.	Jaune.
Aucun changement.	535,9 499,2	Aucun changement.	Violette.
610,8 566,5 527,6	—	—	624,9 578,2 537,1
546,7 508,9 477,7	521,1 485,5 455,5	—	550,7 512,8 481,5
—	546,3 533,5 521,3	—	—
—	508,7 496,9 486,7 475,9 465,5	—	—
—	563,8 523,1 545,0 487,1 456,0	Aucun changement.	634,4 584,5 542,5
578,2 534,8	578,2 531,2 492,0	519,5 596,1 487,1	583,7 564,3 539,5
—	—	—	—

On observera les changements de nuance qui peuvent se produire et l'on déterminera en ce cas la nouvelle position des bandes (il peut aussi se produire des déplacements caractéristiques des raies d'absorption sans qu'il y ait changement de nuance lors de l'addition du réactif). Ces réactions obtenues, il n'y a plus qu'à chercher dans les tables de l'auteur d'abord le groupe spectroscopique auquel le colorant appartient, puis dans le groupe le colorant même, caractérisé par ses raies et ses réactions.

Il est bien évident que l'expérience et l'habileté de l'opérateur joueront ici un rôle important, mais de nombreux essais nous ont montré qu'on acquiert très rapidement la pratique de la spectroscopie.

Ce qu'il importe aussi, évidemment, c'est que le spectre obtenu soit net et mesurable; un certain nombre de matières colorantes, surtout les noirs, bruns, gris, jaunes et à ton neutre, ne peuvent guère être caractérisées par cette méthode.

MÉLANGE DE PLUSIEURS MATIÈRES COLORANTES. — Le problème devient plus complexe lorsqu'on a affaire à un mélange de matières colorantes, cas qui, industriellement, se présente très fréquemment.

Si le mélange se compose de deux matières colorantes donnant des bandes d'absorption très distantes les unes des autres, celles-ci apparaîtront à leur place respective et pourront donc servir directement à la détermination des colorants. Dans d'autres cas, il peut y avoir un déplacement des bandes, ainsi que cela s'observe par exemple pour un mélange de bleu de méthylène et de violet d'aniline. Chaque matière colorante prise séparément donne deux bandes d'absorption; le mélange des deux colorants n'en donne que trois, deux bandes voisines se fondant en une seule. Par contre, les bandes extrêmes restent dans leur position primitive. L'addition d'un réactif approprié permet bien souvent de décolorer ou de modifier l'un des colorants, de sorte que l'autre, non modifié, réapparaît avec ses raies caractéristiques.

Evidemment, selon les cas, la séparation est plus ou moins dif-

ficile; l'expérience et l'habileté personnelle peuvent jouer un rôle important comme dans tout procédé analytique.

EMPLOIS DE LA SPECTROSCOPIE. — Ceux-ci sont fort nombreux. On se servira de l'analyse spectroscopique pour l'étude des colorants du commerce, leur identification avec d'autres colorants vendus sous des noms différents; pour l'analyse des fibres teintées et imprimées, des encres, laques et vernis, des substances alimentaires et de tous les objets colorés.

Elle sera donc aussi bien employée par le chimiste industriel dans une teinturerie, une impression ou une fabrique de matières colorantes que par le chimiste-analyste ayant à faire une expertise privée ou judiciaire (taches de sang par exemple).

La méthode spectroscopique est remarquable par sa sensibilité, qui permet de caractériser encore des traces de matières colorantes, alors que les méthodes chimiques ne donnent plus aucun résultat.

En définitive, c'est actuellement la méthode la plus précise et la plus exacte pour l'analyse des matières colorantes.

Nous résumons dans le tableau I les spectres d'absorption des colorants donnés par la figure 5 (p. 459) pour montrer la disposition des tables de M. Formanek.

On trouvera d'abord les spectres d'absorption en solution neutre, puis en solution acide (acide chlorhydrique) et en solution alcaline (avec potasse caustique), aussi bien en solution aqueuse qu'en solution alcoolique.

Dans certains cas, il faut se servir, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, d'alcool amylique ou d'acide acétique; les colorants à cuve, qui sont insolubles dans les solvants ordinaires, doivent être mis en solution dans le xylène, l'acide sulfurique concentré ou l'acide sulfurique concentré additionné d'acide borique. Ce dernier réactif est surtout indiqué pour les colorants à cuve dérivant de l'antraquinone.

Eug. GRANDMOUGIN,
Professeur à l'École de Chimie de Mulhouse.

CHIMIE INDUSTRIELLE

L'INDUSTRIE DE LA SAVONNERIE⁽¹⁾

(Suite.)

Pour les savons liquidés sur gras, la liquidation doit être poussée plus loin; toutefois, à ce point, on procède souvent à l'épilage de la lessive qui se sépare de la masse abandonnée au repos, et cela afin d'augmenter la capacité disponible du chaudron et d'activer la liquidation qui absorbera naturellement moins d'eau, la quantité de lessive à diluer étant réduite à celle qui imprègne le savon resté en chaudron. L'ébullition étant reprise, on continue les affusions d'eau, celles-ci étant de moins en moins copieuses; la lessive « s'engraissant », l'ébullition devient plus difficile et il est de toute nécessité de n'ajouter l'eau que par petites quantités afin d'éviter un « engraissement » local de la masse, c'est-à-dire que la pâte jusqu'ici « ouverte » ne « se ferme » brusquement. Finalement, les flots de savons se relient, la masse devient homogène et les bouillons venant du fond du chaudron ne ramènent plus de lessive à la surface. La masse en chaudron représente alors une pâte fluide, d'apparence homogène, brillante, semi-transparente, filante; si on en prélève un échantillon avec une truelle et qu'on la laisse retomber, elle coule en nappe mince, continue; coulée sur une surface froide, la pâte se prend rapidement en masse homogène, sans qu'il se sépare de lessive. Le terme final de la liquidation étant ainsi atteint, l'ébullition est arrêtée et la masse liquidée abandonnée au repos et au refroidissement. Le savon commercial se rassemble à la partie supérieure, recouvert lui-même de l'écume, couche spongieuse de savon retenant occluses des bulles d'air restées emprisonnées par suite du refroidissement, et de la *croûte*, couche feuilletée superficielle de savon, solidifiée au contact de l'air; au-dessous du savon se trouve le *gras*, qui se divise quelquefois lui-même et abandonne de la lessive, suivant la stabilité des savons en dissolution.

Pour les savons marbrés, la liquidation s'effectue de façon un peu différente.

Elle s'opère sans ébullition, et celle-ci n'intervenant plus pour agiter et mélanger la masse, le mélange de lessive et du savon se fait par agitation énergique ou *madrage* à l'aide de rediables ou râbles actionnés à la main; aussi la liquidation des savons marbrés est-elle souvent désignée sous le nom de *madrage*.

La cuisson terminée et la lessive épignée, la vapeur étant arrêtée, on verse peu à peu sur la pâte de la lessive faible qu'on lui incorpore par *madrage* avec les rediables. Au fur et à mesure que le *madrage* s'avance, on diminue le degré de la lessive ajoutée en l'additionnant d'eau. La concentration de la lessive dans laquelle flottent les grains s'abaissant, les grains gonflent et deviennent de plus en plus volumineux. Lorsqu'ils sont sur le point de se souder les uns aux autres, la liquidation est terminée, et la masse entière, pâte et lessive, est évacuée dans les mises où s'opèrent la séparation et la solidification du savon.

La liquidation s'est jusqu'ici le plus souvent conduite par simple appréciation de l'aspect et des caractères physiques de la masse en chaudron : volume et cohésion des grains de savon, liaison de la lessive et de la pâte, etc., assistée quelquefois du contrôle de la densité de la lessive au moyen de l'aréomètre.

D'une meilleure connaissance du mécanisme de la liquidation tel que nous l'avons esquissé, résulte la possibilité, sinon de

substituer, tout au moins d'associer à ces moyens rudimentaires, les ressources d'un contrôle chimique permettant de régler rigoureusement la teneur du savon final en alcali libre (caustiqué ou carbonaté) ou en sels minéraux, et aussi le grain ou la marbrure. Il suffira, en effet, de doser comparativement les divers éléments : soude caustique, carbonate de soude, etc., dans le système liquidé en équilibre et dans le savon final qui en résulte pour pouvoir ensuite régler la composition de celui-ci par simple détermination et réglage des proportions des éléments, soit de la lessive à la fin de la liquidation dans le cas des savons sur lessive, soit du gras de la masse liquidée dans le cas des savons sur gras. La comparaison de la composition des lessives ou des gras avec le grain ou la marbrure des savons correspondants permettront de même de régler ceux-ci par simple détermination des éléments de la lessive ou du gras d'une cuite en liquidation et réglage de leurs proportions relatives. Ce moyen de contrôle ne peut pas remplacer absolument l'expérience du praticien, mais il peut lui être d'un grand secours pour la conduite de la liquidation et surtout pour assurer la régularité et l'uniformité de la fabrication, quelle que soit la diversité des matières premières mises en œuvre.

A. — Savons liquidés sur lessive.

SAVONS MARBRÉS.

La fabrication des savons marbrés, née et concentrée à Marseille, ne s'est jamais beaucoup répandue hors de ce centre et de la région méditerranéenne favorisés par l'abondance des matières premières propres à cette fabrication. Celle-ci constitue un exemple remarquable d'utilisation des matières premières, huiles d'olives et de graines, sodes brutes, mises autrefois à la disposition des savonniers, et à ce titre, elle mérite encore une étude approfondie, quoique son importance soit de jour en jour plus réduite devant la faveur croissante des savons blancs liquidés sur gras.

La marbrure naturelle résultant comme on le sait d'un état d'équilibre spécial du savon et de la lessive, présente une certaine garantie d'hydratation maximum de la pâte, ce qui a été longtemps la cause de la faveur de cette sorte de savon.

Dans les savons marbrés de Marseille, qui sont restés le type du genre, la marbrure est constituée par la dissémination dans la pâte sous forme de filets colorés de savons et de sulfures métalliques, en particulier de sulfure de fer provenant de l'emploi des lessives sulfurées de sodes brutes. Ces sulfures dessinent dans la masse fraîche des filets ou veines d'un noir bleu, dont la couleur pâlit et tourne au gris bleu par exposition et oxydation à l'air; d'où le nom de savon bleu pâle. Cette marbrure s'atténuant ainsi jusqu'à n'être plus visible après un certain temps, on a voulu la rendre stable, et pour cela on a ajouté à la pâte en liquidation du colcothar (oxyde rouge de fer) qui se trouve drainé par les filets colorés en même temps que les sulfures métalliques; mais lorsque, par oxydation de ces derniers, la marbrure bleue pâlit, la couleur rouge du colcothar apparaît et persiste; on donne le nom de savon bleu vif à cette autre variété.

(A suivre.)

E. BONTOUX,

Ingenieur Chimiste (E. C. I. L.)
des Etablissements Rocca, Tassy et de Roux
et de la Société Anonyme
des Savonneries de la Méditerranée.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 3, p. 162; n° 4, p. 221; n° 5, p. 292; n° 6, p. 352; n° 7, p. 407; n° 8, p. 447; n° 9, p. 488; n° 10, p. 554; n° 12, p. 694, et t. III (1911), n° 1, p. 31; n° 3, p. 161; n° 5, p. 291, et n° 7 (juillet 1911), p. 413.

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER

Essais de traction électrique par locomotives équipées avec moteurs à courant monophasé sur le réseau des Chemins de fer du Midi.

La Compagnie des Chemins de fer du Midi (1) qui a décidé l'électrification d'une partie importante de son réseau pyrénéen avait proposé, en même temps, aux principales maisons de construction d'établir une locomotive électrique répondant au programme suivant :

La locomotive devra démarrer et remorquer un train de 400 t sur un profil indiqué. Elle devra, sur ce même profil, remorquer à 40 km à l'heure un train de 180 t, puis à 60 km un train de 100 t.

En descendant, de Villefranche à Ille, les moteurs devront fonctionner comme freins en renvoyant du courant sur la ligne. La température des moteurs électriques ne devra pas s'élever, après six heures de marche, à plus de 75° au-dessus de la température ambiante supposée à 25°. Ils devront développer, pendant une heure, une puissance de 25 % supérieure à leur puissance normale sans que la température sorte des limites indiquées ci-dessus.

Ces moteurs devront pouvoir supporter une température de 100°.

Les moteurs calés devront pouvoir supporter, pendant soixante secondes, le courant correspondant à l'effort de traction maximum fixé à 12 500 kg au démarrage ; à 8 000 kg à la vitesse de 45 km ; à 4 200 kg à la vitesse de 60 km.

La commutation devra être très satisfaisante à toutes les vitesses de rotation correspondant aux vitesses de la locomotive comprise entre 45 % de la vitesse maximum et cette vitesse maximum. Elle devra être encore acceptable aux démarrages et aux vitesses réduites.

Le poids total sera voisin de 80 t, le poids adhérent sera de 54 t, le poids maximum par essieu de 18 t.

La locomotive aura trois essieux moteurs et deux porteurs, l'empattement rigide sera de 4 m.

Six maisons ont construit des locomotives répondant à ces conditions. Les caractéristiques de chacune de ces machines sont les suivantes.

LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES DE LA COMPAGNIE FRANÇAISE DES PROCÉDÉS THOMSON-HOUSTON (fig. 1) :

Diamètre des roues motrices	1 ^m ,310
— — — porteurs	0 ^m ,850
Entre-axe des essieux moteurs	2 × 1 ^m ,950
Empattement total	9 ^m ,60
Longueur entre tampons	13 ^m ,740
Poids total	88 t

Les moteurs au nombre de deux attaquent chacun, au moyen de bielles et de manivelles calées à 90°, un arbre de renvoi A relié par bielle aux roues motrices. Le courant à 12 000 volts est pris à l'aide de deux pantographes, dont un seul en service. Les deux moteurs sont montés en série sur l'enroulement secondaire des transformateurs qui sont munis d'une série de bornes donnant une échelle de tensions s'étendant de 80 volts à 370 volts.

Chaque moteur développe 600 chevaux ; il peut donner 750 chevaux pendant une heure. Ces moteurs fonctionnent tantôt

comme moteurs à répulsion, tantôt comme moteurs série répulsion.

Les différents régimes de marche sont obtenus en faisant varier la tension aux bornes des moteurs en employant les différentes bornes du secondaire du transformateur principal.

Pour la récupération, les moteurs de traction peuvent fonctionner comme génératrices à excitation série et débiter du courant sur la ligne. Le réglage du décalage du courant se fait par l'insertion en série de bobines de self, de transformateurs et de résistances.

LOCOMOTIVE ÉLECTRIQUE DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE A. E. G. :

Diamètre des roues motrices	1 ^m ,310
— — — porteurs	0 ^m ,850
Entre-axe des essieux moteurs	2 × 1 ^m ,800
Empattement	9 ^m ,600
Longueur totale	13 ^m ,40
Poids total	86 t

Le courant, pris par deux archets, est envoyé dans le primaire d'un transformateur principal dont le secondaire comprend deux enroulements, un pour chacun des deux moteurs (fig. 2).

Les moteurs sont du type à collecteur Winter-Eichberg.

Le stator porte, en outre de l'enroulement inducteur, un enroulement de commutation à 90° du premier que l'on utilise aux grandes vitesses.

Sur le collecteur se trouvent deux lignes de balais : une première en court-circuit est placée dans l'axe du champ inducteur ; une deuxième, à 90° de la première, envoie dans le rotor un courant provenant d'un transformateur auxiliaire dont le primaire est en série avec une partie de l'enroulement basse tension du transformateur principal ; dans le circuit de ce courant sont intercalés les enroulements de commutation. Les différents régimes de marche s'obtiennent en faisant varier la tension aux bornes des moteurs en prenant le courant aux différentes bornes du transformateur.

La récupération se fait par un dispositif spécial.

LOCOMOTIVE DE LA SOCIÉTÉ ANONYME WESTINGHOUSE :

Diamètre des roues motrices	1 ^m ,200
— — — porteurs	0 ^m ,850
Entre-axe des essieux moteurs	2 × 2 ^m ,00
Empattement	8 ^m ,800
Longueur totale	11 ^m ,370
Poids	81 t

Les deux moteurs attaquent chacun à l'aide d'engrenages un

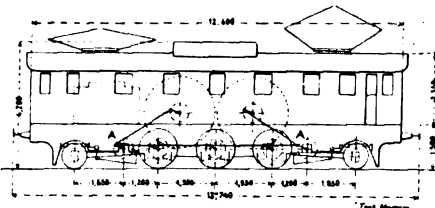


FIG. 1. — Dispositif de la locomotive de la Société Thomson-Houston.

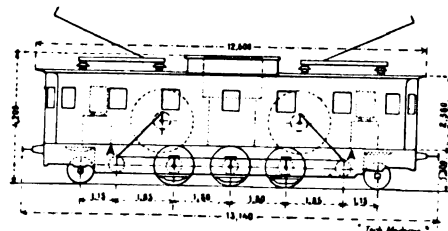


FIG. 2. — Dispositif de la locomotive de l'Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft.

(1) Revue générale des Chemins de fer (Mars 1911) ; La Technique Moderne, t. III (Janvier 1911), p. 5.

faux essieu A commandant, par bielle et manivelle, les roues motrices (fig. 3).

Le courant à 12 000 volts est pris par un pantographe à manœuvre pneumatique; il traverse les primaires de deux transformateurs statiques abaisseurs de tension, montés en parallèle. Sur le secondaire sont placées des prises de courant

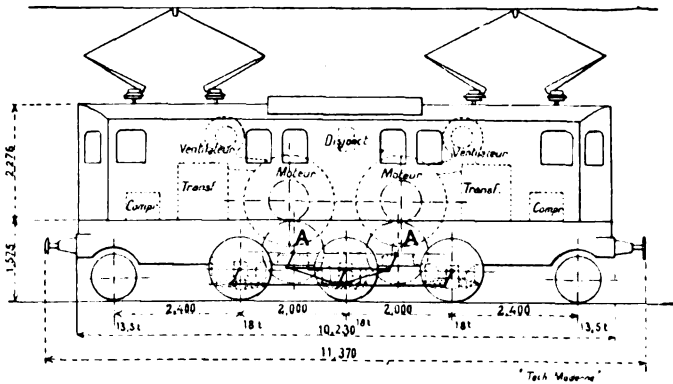


FIG. 3. — Dispositif de la locomotive de la Société Westinghouse.

permettant de faire varier la tension aux bornes du moteur de 200 volts à 465 volts.

Les moteurs, montés en parallèle, sont du type série compensé, avec connexions résistantes pour assurer la commutation.

Chaque moteur donne 600 chevaux.

Pour la récupération, un des moteurs est excité séparément à l'aide du courant de la ligne. Le courant qu'il débite sert à exciter le deuxième moteur qui débite sur la ligne.

LOCOMOTIVE DE LA COMPAGNIE ÉLECTRO-MÉCANIQUE :

Diamètre des roues motrices	1 ^m .600
— — porteuses	0 ^m .850
Entre-axe des essieux moteurs	2 × 1 ^m .900
Empattement total	9 ^m .200
Longueur totale	13 ^m .140
Poids total	84 t

Les moteurs au nombre de deux attaquent, par bielles et manivelles, les roues motrices (fig. 4).

La prise de courant se fait à l'aide d'un pantographe à commande pneumatique. Deux transforma-

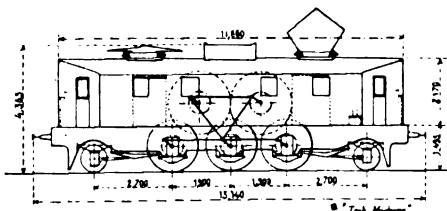


FIG. 4. — Dispositif de la locomotive de la Compagnie Electro-mécanique.

Le démarrage, le réglage de la vitesse, le renversement de la marche sont obtenus par le déplacement des balais sur le collecteur. La récupération est obtenue par une manœuvre convenable des balais.

LOCOMOTIVE DES ATELIERS DE CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE DU NORD ET DE L'EST :

Diamètre des roues motrices	1 ^m .400
— — porteuses	1 ^m .00
Entre-axe des essieux moteurs	2 × 1 ^m .900
Empattement	10 ^m .600
Longueur totale	14 ^m .270
Poids	80 t

Les moteurs, au nombre de trois, actionnent chacun, par un train d'engrenages, un essieu moteur (fig. 5).

Le courant pris à 12 000 volts par un pantographe traverse les primaires, montés en parallèle, de deux transformateurs statiques munis de régulateurs d'induction, qui permettent de faire varier la tension aux bornes secondaires des transformateurs de 200 à 760 volts. Les secondaires des transformateurs sont montés en série. Le courant, au sortir des transformateurs, se rend aux moteurs montés tous trois en série.

Ces moteurs (moteurs série compensés) peuvent donner une puissance de 400 HP chacun.

Les stators comprennent, en outre des enroulements d'excitation, des enroulements de compensation décalés de

$\frac{\pi}{2}$ dans l'espace par

rapport aux premiers. Le courant

traverse d'abord les trois enroulements d'excitation et les enroulements de compensation, puis les trois induits.

Tant que la vitesse de la locomotive n'est pas supérieure à 25 km à l'heure, un appareil à force centrifuge court-circuite automatiquement les balais d'induit. Les moteurs démarrent donc comme moteurs à répulsion simple, puis fonctionnent comme moteurs série compensés.

Les différents régimes de marche s'obtiennent en faisant varier la tension aux bornes du moteur au moyen des régulateurs d'induction placés sur les transformateurs.

Les moteurs comportent enfin des enroulements de commutation montés en parallèle avec les enroulements compensateurs.

Au démarrage, les enroulements de commutation des différents moteurs sont montés en parallèle entre eux et assurent une liaison électrique maintenant les moteurs à même vitesse, quelle que soit leur charge individuelle.

Pour la marche à récupération, les moteurs de traction fonctionnent comme génératrices à excitation séparés. Le courant d'excitation est fourni par les moteurs servant à la manœuvre des compresseurs d'air, qui sont des moteurs à répulsion shunt. Dans l'axe du court-circuit est placé un enroulement auxiliaire

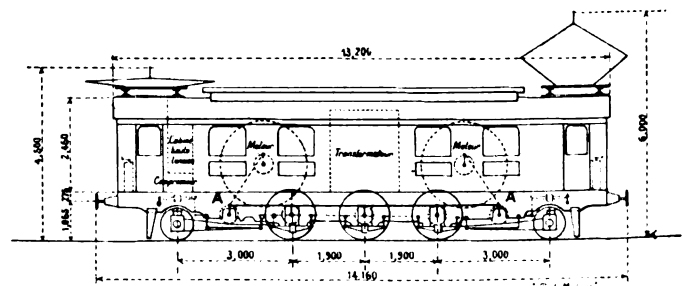


FIG. 6. — Dispositif de la locomotive de Schneider et Cie.

qui fournit du courant décalé de 90° par rapport au courant principal et qui sert à l'excitation des moteurs de traction.

LOCOMOTIVE DE MM. SCHNEIDER ET C^{ie} :

Diamètre des roues motrices	1 ^m .330
— — porteuses	0 ^m .850
Entre-axe des essieux moteurs	2 × 1 ^m .800
Empattement total	9 ^m .800
Longueur totale	14 ^m .160
Poids total	82 t

Les moteurs, au nombre de deux, attaquent chacun un faux essieu A (fig. 6).

Les deux faux essieux et les roues motrices sont reliés par bielles et manivelles.

Le courant à 12 000 volts est pris par un pantographe et envoyé dans le primaire d'un transformateur, dont le secondaire est muni d'une série de prises de courant permettant de faire varier la tension aux bornes des moteurs de 150 volts à 500 volts. Ces moteurs sont des moteurs série compensés. La commutation est assurée par un champ décalé de 90° par rapport au champ inducteur ; on emploie pour cela un transformateur auxiliaire et une résistance non inductive.

Pour la récupération, un des moteurs excité par le courant du réseau fournit le courant d'excitation du second moteur, qui renvoie seul du courant sur la ligne. F. D.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Interrupteur pour la production des courants alternatifs (système Cohen) (1).

Dans la plupart des méthodes de mesure des faibles inductances et capacités, telles que celles employées en téléphonie et en radiotélégraphie, il est souvent nécessaire de disposer d'une source de courants alternatifs ou interrompus.

On a fréquemment utilisé dans ce but un interrupteur électromagnétique à fil vibrant ; le générateur Cohen est basé sur l'emploi d'un dispositif de ce genre, mais il est caractérisé par l'addition d'un circuit oscillant contenant un groupe d'inductances, un transformateur et un condensateur réglable ; le circuit primaire de l'interrupteur est soumis à des interruptions pouvant varier entre 20 et 500 par seconde ; quant au courant alternatif produit dans le secondaire, sa fréquence peut aller jusqu'à 3 000, moyennant un réglage convenable du condensateur.

L'interrupteur proprement dit se compose d'un fil d'acier, attaché entre deux tendeurs et supporté par deux couteaux réglables ; ce fil porte une armature de fer doux ; les mouvements vibratoires sont entretenus par un électro-aimant dont le circuit est fermé et coupé par un contact de platine fixé à l'armature et dont la pointe plonge dans une coupelle de mercure ; un second contact et une seconde coupelle sont insérés dans le circuit qui produit les courants alternatifs ; les coupelles sont formées d'un petit tube de verre cimenté dans une monture de laiton, par l'intermédiaire de laquelle s'établit la liaison ; cette monture ou socket est à son tour placée sur une colonne réglable ; elle peut être facilement enlevée pour le nettoyage ; les contacts de platine sont également remplaçables sans difficulté.

On emploie ordinairement une pile de 4 volts dans le circuit alternatif et une de 25 à 30 volts pour l'actionnement de l'électro-aimant ; la puissance utilisable dans le circuit secondaire est de 3 watts ; on peut modifier les coupelles pour faire supporter à l'instrument 50 watts ; l'appareil convient bien alors pour les mesures au moyen du galvanomètre de Campbell.

On peut employer différentes formes de circuit oscillant ; les deux principaux sont ceux à simple et à double action.

Dans le premier mode de montage, le circuit oscillant comprend une inductance, le primaire du transformateur et, en parallèle sur ces deux parties, un condensateur ; les valeurs sont choisies pour que les décharges soient oscillantes ; chaque interruption produit un train d'ondes amorties.

Dans le second mode de montage, il y a deux circuits oscillants de même constitution que dans le système précédent et mis en série l'un avec l'autre ; les secondaires des deux transformateurs sont mis en opposition. Avec ce système, on obtient des ondes sensiblement uniformes ; les éléments constitutifs sont très sensiblement identiques ; il y a néanmoins entre eux une légère différence, à laquelle est dû le courant alternatif résultant ; les inductances ont approximativement 0,04 henry en comprenant le

transformateur, lorsque le secondaire est ouvert ; la réduction est de 5 % environ lorsqu'il est fermé ; la résistance est de 3 ohms approximativement.

La fréquence des courants produits est donnée par la formule :

$$N = \frac{\sqrt{\frac{1}{LC}}}{2\pi}$$

où N est la fréquence, L l'inductance, C la capacité en microfarads.

On obtient des fréquences de 500, 1 000, 1 500, 2 000, 2 500 et 3 000 avec des capacités de 2,64, 0,62, 0,30, 0,18, 0,10 et 0,07. M.

Appareil pour la mesure graphique et rapide du coefficient de glissement des moteurs d'induction (système Andrault).

L'appareil dénommé olisthographe, par M. Andrault, permet de relever graphiquement le coefficient de glissement des moteurs dépourvus de bague, et cela sans le secours d'aucun autre instrument. Il ne nécessite ni compteur de temps, ni compteur de tours, ni connaissance de la fréquence du courant d'alimentation, et par suite, ni fréquence-mètre, ni arc alternatif, ni moteur synchrone, ni diapason étalonné.

Il repose sur la propriété que possède une pointe de fer que l'on promène sur un papier imprégné d'une solution de ferro-cyanure de potassium appliqué contre une feuille de cuivre, de laisser une trace bleue quand le courant passe à travers le papier de la plume en fer au disque en cuivre, alors qu'elle ne laisse pas de trace quand le courant passe en sens inverse. Cette propriété a naguère été mise à profit dans le télégraphe électrochimique Bain, puis plus récemment préconisée par M. Janet pour la détermination de la fréquence d'un courant alternatif.

Le modèle qui figurait à l'Exposition de la Société de physique (fig. 1) comprend essentiellement un disque en cuivre D destiné à recevoir le papier chimique, engrenant avec un pignon, monté vers l'extrémité arrière d'un axe dont l'extrémité avant se termine par une pointe carrée d'acier trempé P, destinée à être appuyée contre l'un des bouts de l'arbre moteur.

Sur la poignée M de l'instrument, dont la partie supérieure porte à cet effet une profonde rainure longitudinale, peut glisser une pièce B à laquelle est fixé un ressort R, muni d'une pointe en fer E que nous appellerons la plume. Quand la pièce B est en place, la plume appuie légèrement sur le disque D. Cette pièce B est d'ailleurs complètement détachable du reste de l'appareil.

Le ressort R, et par suite la plume communiquent, grâce à un contact glissant, avec l'un des raccords femelle d'une prise de courant ménagée dans la partie arrière de la poignée. L'autre raccord communique avec la masse de l'olisthographe, et par suite avec le disque D, par l'intermédiaire d'une lampe à incandescence L dont la douille est fixée à l'appareil. Cette lampe forme résistance de protection. Jusqu'à 120 volts on peut se servir de l'instrument sans transformateur ; au delà, il est prudent d'interposer sur le trajet des fils qui joignent l'appareil aux bornes du moteur, un transformateur abaisseur de tension.

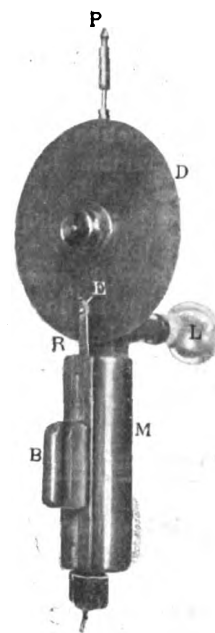


Fig. 1. — Olisthographe système Andrault.

1) D'après un modèle ayant figuré à l'Exposition de Bruxelles (section anglaise).

Afin d'éviter que, dans l'emploi sans transformateur, la masse du moteur ne se trouve, par l'intermédiaire de la pointe P, mise en communication avec l'un des fils d'alimentation, cette pointe a été électriquement isolée.

Pour relever un diagramme, on met un carton buvard circulaire sur le disque en cuivre, on l'imprègne au pinceau de la solution, on raccorde aux bornes du moteur, on place la lampe à incandescence dans la douille.

Il ne reste plus alors qu'à appuyer la pointe P dans le coup de pointe de l'arbre moteur, à engager la pièce coulissante B dans sa glissière, et à la tirer lentement en arrière. Avec un peu d'habitude, on arrive très facilement à espacer les spires de deux à trois millimètres. Quand la plume est parvenue au bord du disque, l'opération est terminée.

Pour déduire du diagramme ainsi obtenu la valeur du coefficient de glissement, on compte le nombre T de traits bleus qui se trouvent sur un nombre m de tours choisi d'ailleurs arbitrairement, et l'on applique la formule

$$g = \frac{T - a \times p \times m}{T}$$

formule très facile à établir, et dans laquelle a est le coefficient de démultiplication de l'engrenage, autrement dit le nombre de tours effectués par l'arbre du moteur pendant que le disque de l'olisthographie effectue un tour; p désigne le nombre de paires de pôles.

L'évaluation de T se fait aisément, car les traits dessinent sur le diagramme des sortes d'étoiles à branches rayonnantes (en général curvilignes). Un disque de verre qui accompagne l'instrument, et sur lequel est gravé un diamètre, facilite d'ailleurs l'opération.

Le degré de précision des résultats obtenus permet de mesurer des variations du coefficient de glissement inférieures à 0,1 % : ce qui est largement suffisant dans la majorité des cas.

Il existe un autre modèle, avec commande automatique de la plume.

L. V. B.

ÉLECTROCHIMIE

Procédés électrolytiques pour le désétamage et la récupération des déchets de fer blanc (système P. Jacolliot).

Les opérations du désétamage⁽¹⁾ présentent assez de difficultés, dont la principale réside dans ce fait que l'étain seul doit entrer en dissolution et se déposer sur les cathodes sans que le fer soit attaqué.

Pour obtenir ce résultat, il faut que la densité du courant soit exactement réglée et que le liquide électrolytique n'ait aucune action corrosive sur le fer; ce liquide est généralement alcalin.

Les régimes de marche ont aussi une influence sur la pureté de l'étain déposé; s'il contient seulement une faible quantité de métaux étrangers, son prix de vente est sensiblement abaissé.

Enfin, au point de vue du fer, le désétamage doit être parfait, car les forges, sous aucun prétexte, n'achètent des ferrailles contenant encore des traces d'étain.

Les différents appareils et procédés que nous allons décrire permettent d'obtenir de l'étain pur et des ferrailles entièrement désétamées dans de bonnes conditions d'emploi du courant électrique et avec un rendement industriel rémunérateur.

PANIER ANODIQUE. — Lorsqu'on soumet à l'électrolyse, selon la manière pratiquée jusqu'ici, des déchets métalliques, on les place soit dans un panier ou une caisse ajourée, soit dans une caisse munie de diaphragmes, et le courant est amené à l'intérieur de la caisse, par une lame, ou griffe métallique, placée de manière à

donner d'aussi bons contacts que possible avec les produits à traiter.

Cette disposition présente plusieurs inconvénients. La lame ou griffe métallique placée au centre du panier gêne le déchargement; si on veut enfoncer cette griffe dans le panier après que celui-ci est chargé des produits à traiter, c'est une opération inconfortable, parfois impossible, et qui toujours occasionne une perte de temps; enfin, la position de la griffe formant l'anode, au centre de la masse des produits à traiter, gêne et empêche même le mouvement de ces produits dans le panier lorsqu'on veut les faire entrer et les retirer sans sortir le panier de l'électrolyte.

Le panier anodique évite ces inconvénients : il peut être soit de forme demi-cylindrique ou similaire, soit de forme prismatique. La première forme est préférable parce qu'elle permet plus facilement de retirer et de remuer les déchets à l'intérieur du panier. La paroi demi-cylindrique qui constitue l'anode peut être formée, soit d'une lame métallique, soit d'une grille à barreaux de forte section, afin de ne pas présenter de résistance appréciable au courant.

Les parois latérales ou demi-bases du demi-cylindrique sont formées de grillages.

Lorsque l'appareil d'électrolyse est monté, ces parois latérales sont mises en regard de plaques qui constituent les cathodes.

Avec ce panier anodique, le courant est aussi bien utilisé que possible et se trouve réparti dans toute la masse des produits à traiter; de plus, il est très facile de remuer et d'enlever ceux-ci en l'absence des griffes engagées dans leur masse.

Dans ces paniers, les côtés supérieurs sont formés par des barres qui se prolongent pour pouvoir supporter le panier sur les bords de la cuve.

ELECTROLYSEUR POUR DÉSÉTAMAGE. — Cet appareil comprend une cuve métallique formant la cathode, un récipient intérieur perforé et une lame horizontale formant anode disposée dans la région supérieure du récipient, à l'effet de maintenir dans les couches supérieures du bain la plus grande partie des déchets placés dans ce récipient.

L'appareil comprend une cuve rectangulaire en tôle dont l'une des parois des extrémités forme un plan incliné.

Dans cette cuve est disposé un récipient de forme sensiblement semblable, établi en grillage, et qui est isolé électriquement de la cuve. Vers le milieu de la hauteur de ce récipient est placée une lame métallique horizontale d'une largeur moindre que celle du récipient. La cuve rectangulaire est terminée à ses deux extrémités par deux plateformes.

Cet appareil est mis en service de la façon suivante :

La cuve est reliée au pôle négatif du générateur d'électricité et constitue, par conséquent, la cathode. La lame horizontale, placée dans le récipient perforé, constitue l'anode. Les déchets et fragments à désétamer sont amenés sur l'une des plateformes pour être jetés dans le récipient perforé; on les retire à l'autre extrémité en les tirant sur le plan incliné formé par la paroi d'un récipient parallèle à la paroi de la cuve.

Le travail est ainsi continu; il suffit d'amener les déchets dans le récipient disposé à l'intérieur de la cuve et de leur faire parcourir toute la longueur de ce récipient pour les retirer à l'autre extrémité; pendant le passage, le désétamage est effectué et l'étain recouvrant les déchets se dépose sur les parois métalliques de la cuve; ces parois étant amovibles, la récolte du métal à l'état spongieux est facile.

La disposition de la lame anode donne des résultats avantageux au point de vue de la bonne marche de l'électrolyse.

On a remarqué, en effet, que lorsqu'on opère avec des paniers, l'attaque des déchets est plus intense dans les couches supérieures : il y a donc avantage à maintenir la plus grande partie des déchets dans la région supérieure du bain; l'anode sous forme de lame horizontale remplit cette fonction; elle n'occupe pas toute la largeur de la cage et par suite une partie

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 4 (Mars 1909), p. 158.

GÉNIE MARITIME

des déchets peut tomber au fond, mais la plus grande quantité reste sur cette lame à la partie supérieure de l'électrolyte. Les déchets sont à cet endroit plus serrés que dans la région inférieure où ne se trouvent que les déchets échappés des bords de l'anode ; il se forme ainsi, toutes ces parties étant enchevêtrées, deux cloisons verticales de déchets qui raccordent électriquement la couche horizontale supérieure à la couche inférieure. Il résulte de cette disposition que l'opération électrolytique se fait bien et que le courant employé donne tout son effet.

On remarquera que la cage perforée peut être indifféremment en métal ou en matière non conductrice, car elle ne joue aucun rôle électrique, ce rôle étant dévolu à la cuve qui sert de cathode, d'une part, et à la lame et aux déchets qui servent d'anode, d'autre part.

PROCÉDÉ CHIMIQUE. — Nous venons de décrire des appareils destinés à produire le désétamage au moyen de l'électrolyse ; voici un autre procédé du même auteur basé entièrement sur les réactions chimiques.

Les rognures de fer blanc sont légèrement bottelées et placées séparément dans des terrines remplies d'acide chlorhydrique ordinaire du commerce. L'attaque de l'étain se fait immédiatement avec effervescence et dure environ vingt minutes pour la première opération ; au bout de ce temps, les rognures sont complètement désétamées.

On replace, dans le même liquide, une seconde botte ; l'étain disparaît après un temps un peu plus long que la première fois. On remet ensuite une troisième botte, puis une quatrième, et ainsi de suite. Vers la cinquième ou sixième botte, l'attaque dure environ dix heures.

On chauffe alors légèrement l'acide et l'on arrive à passer facilement dix bottes de déchets. Ces dernières opérations se faisant à chaud, dans le même liquide, ne durent que peu de temps.

Après chaque passage dans l'acide, les bottes sont soigneusement lavées, l'eau de lavage est conservée, car elle se charge de chlorure stanneux dont l'étain sera précipité ultérieurement.

Lorsque le liquide est suffisamment concentré en chlorure stanneux, on précipite l'étain par les rognures de fer galvanisé. Il suffit de jeter ces rognures dans les terrines pour que l'étain s'y dépose en mousse compacte, qui est lavée, comprimée, fondue au four à réduction et coulée en lingots de 25 kg à 30 kg.

Le liquide obtenu finalement est une dissolution concentrée de chlorure de zinc, mais les immersions successives du fer blanc et du fer zingué l'ont fortement chargé de chlorure ferreux.

Le fer est séparé sous forme d'oxyde, d'abord par insufflation d'air dans la liqueur et ensuite par électrolyse en présence d'un excès de zinc.

On arrive ainsi à obtenir un chlorure de zinc complètement exempt de fer et dont la valeur compense largement la dépense d'acide chlorhydrique employé et les manipulations inhérentes à la production de ce chlorure.

Les produits livrés au commerce par ce procédé sont :

- 1° L'étain contenu dans les déchets de fer blanc dont il est récupéré de 2 % à 3 % du poids de ces déchets ;
- 2° Les ferrailles provenant de ces déchets ;
- 3° Le chlorure de zinc dont le zinc est fourni par les rognures de tôle zinguée servant à précipiter l'étain ;
- 4° Les ferrailles provenant de ces rognures.

G. R.

La base navale du cap de Bonne-Espérance.

Quand en 1895-1896 l'Angleterre se préoccupa de créer, pour sa flotte, des points d'appuis importants où ses bâtiments pourraient trouver du charbon, se caréner et se réparer, l'attention fut attirée sur le Cap, où existait déjà un arsenal qui, en raison de sa position et de l'importance des services rendus par l'Escadre du Cap, en raison également de l'accroissement des dimensions des bâtiments, avait besoin d'être développé, ou plus exactement d'être remplacé par un nouvel arsenal plus

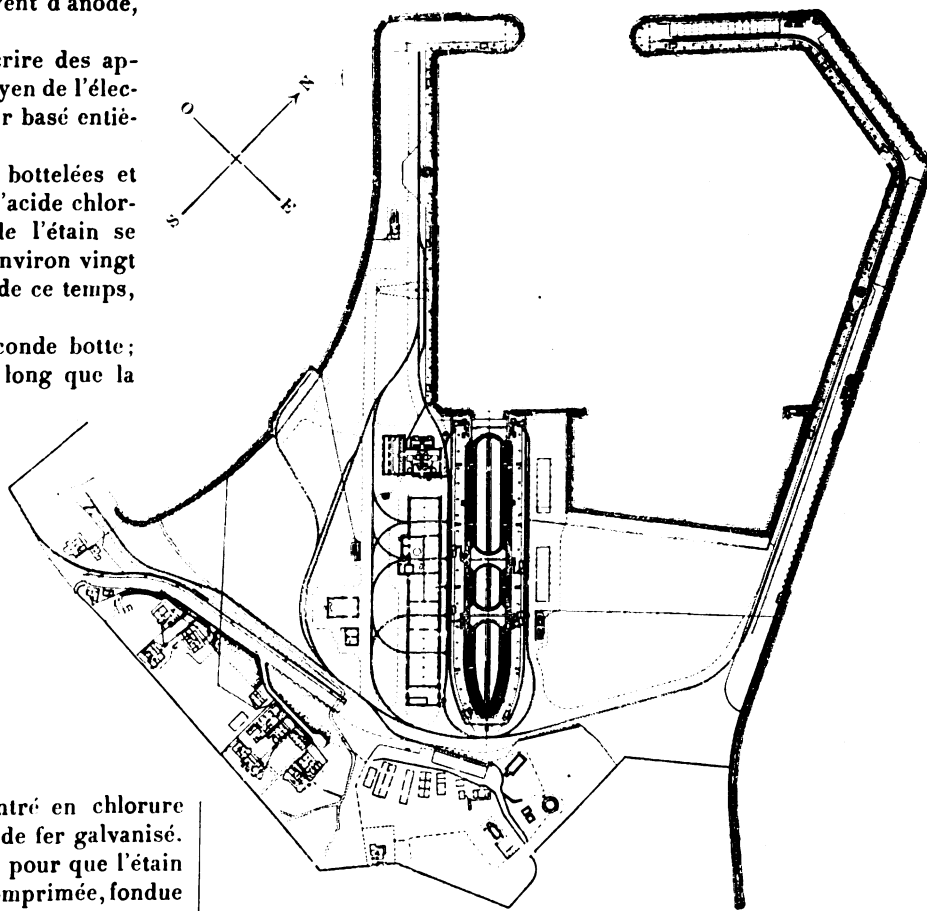


FIG. 1. — Plan d'ensemble.

moderne, susceptible de remplir le but que l'on se proposait.

Un projet pour l'établissement à Simon's-Town, dans la False bay, d'une base navale, fut approuvé en 1898. Les travaux, commencés en 1900, ont duré dix ans et ont coûté environ 50 millions.

GRANDES LIGNES DU PROJET. — Les vents dominants de la région étant du Sud-Est, il s'agissait de créer un bassin abritant les bâtiments contre ces vents. A cet effet, deux jetées furent construites comprenant entre elles un bassin d'une profondeur minimum de 9 m aux basses mers et d'une surface de 11 hm² environ. Au fond de ce bassin, fut construite une forme de radoub de 230^m,50 de longueur, le long de laquelle se trouve une série d'ateliers de réparations. Un parc à charbon de 10 000 t et les appareils de levage nécessaires aux manipulations complètent l'outillage de la base navale, dont la figure 1 donne le plan d'ensemble.

Nous donnons, d'après notre excellent confrère *Engineering*, les détails suivants relatifs aux divers travaux, à la façon dont ils ont été conduits et aux diverses installations effectuées.

TRAVAUX PRÉLIMINAIRES. — Des installations provisoires

importantes étaient nécessaires pour que les travaux pussent être effectués dans de bonnes conditions. Ces installations ont compris : a) une carrière d'où l'on a extrait la pierre nécessaire à la confection du béton et aux enrochements; un câble transbordeur la reliant au chantier; b) un chantier spécial, desservi par une grue, pour la confection des blocs de béton constituant les murailles des jetées et le fond de la forme de radoub; c) une jetée provisoire pour faciliter le débarquement du matériel envoyé d'Europe et l'embarquement des pierres dans les chalands à clapets qui allaient les déverser pour constituer les enrochements.

JETÉE EST. — Étant la plus exposée à la mer, cette jetée fut construite avec un soin particulier. Les enrochements sont constitués

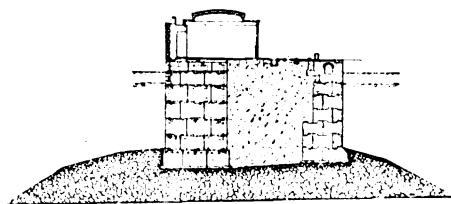


FIG. 2. — Jetée Est. (Coupe transversale.)

par des blocs de pierre de 5 t environ, les interstices étant remplis par des blocs plus petits; afin de laisser aux tassements le temps de se produire, on laissa s'écouler une période de six mois entre la mise à l'eau

des blocs et le nivellement de la partie supérieure devant recevoir les blocs de béton.

La jetée est constituée par deux murailles en blocs de béton distantes de 13 m environ, l'intervalle entre elles étant comblé par des remblais (fig. 2); la largeur totale est de 26 m.

Les blocs en béton étaient confectionnés dans des moules démontables constitués par des châssis en bois. Le béton, préparé dans une machine Taylor, était constitué de 1 partie de ciment Portland, 2 parties de sable, 6 parties de pierres cassées. On laissait s'écouler trente-six heures avant le démoulage, une semaine avant le transport, deux mois avant la mise en place.

Les blocs de la paroi extérieure, d'un poids de 28 t environ, sont disposés en rangées inclinées à 20° sur la verticale; ceci étant obtenu en les posant sur des fondations en dents de scie, constituées par des blocs en forme de prismes triangulaires, posés sur les enrochements (fig. 3).

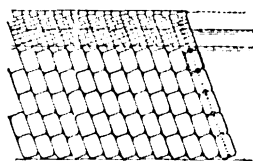


FIG. 3. — Jetée Est. (Muraille extérieure.)

Les blocs constituant la muraille sont réunis entre eux, suivant les joints horizontaux, par des clefs en queue d'aronde en béton, de 1 pied carré de section (0 m², 0929), de 2 pieds 8 pouces (81 cm) de longueur; suivant les joints verticaux, par des clefs en acier forgé galvanisé de 22 cm² de section et de 1 m⁵⁰ environ de long. L'épaisseur de cette muraille est de 9 m¹⁵, sa hauteur

totale de 15 m²⁵ au-dessus du lit supérieur de l'enrochement.

La muraille intérieure est formée de blocs de béton



FIG. 4. — Jetée Ouest. (Coupe transversale.)

s'emboîtant les uns dans les autres, disposés par assises horizontales, ce qui dispense de l'emploi de clefs.

JETÉE OUEST. — Elle est constituée intérieurement comme la jetée Est, par une muraille en bloc de béton reposant sur un enrochement, mais la jetée ouest n'étant pas exposée à la mer, la muraille extérieure y est remplacée par un enrochement (fig. 4). Extérieurement, cet enrochement est limité par un talus à pente $\frac{1}{1,5}$, la partie située au niveau de l'eau et au-dessus étant recouverte par des blocs de grandes dimensions (10 t environ),

réunis par du béton. La largeur de cette jetée varie de 26 m à 46 m.

Les deux jetées laissent entre elles une passe de 90 m.

PHARES. — Un phare de 17 m, éclairé à l'huile par une lampe système Matthews, a été installé à l'angle Sud de la jetée Est. Il est muni d'une cloche sonnant toutes les dix secondes en cas de brume. Un phare plus petit existe de chaque côté de la passe.

PARC A CHARBON. — Il comporte trois magasins situés sur la jetée Est. Chacun d'eux a 10 m⁴⁰ de large, 4 m⁷⁰ de haut; deux d'entre eux ont 91 m⁶⁰ de long, le troisième 122 m. Ils contiennent au total 10 000 t de charbon. Ces magasins, construits en tôles et profilés, présentent une disposition intéressante : ils sont disposés de façon que le charbon puisse y être entré ou sorti au moyen de grues extérieures, par le toit. A cet effet, celui-ci est constitué, sur toute sa longueur, par des panneaux

roulant sur des rails. En faisant rouler un de ces panneaux, on découvre presque complètement la partie correspondante du magasin : les panneaux ont en effet 6 m⁸⁵ de large et le magasin 10 m⁴⁰.

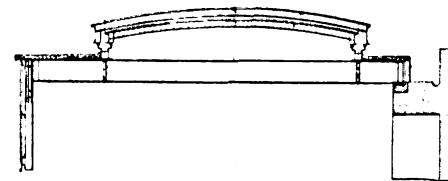


FIG. 5. — Toiture des magasins à charbon. (Coupe transversale.)

Les panneaux sont en deux plans, ainsi que le montrent les figures 5 et 6. De chaque côté se trouve un chemin en béton armé, pour faciliter leur manœuvre par le personnel. Un verrouillage permet d'immobiliser les panneaux une fois en place, et supprime tout danger d'entraînement par le vent ou la mer.

Les magasins sont également munis, sur la façade regardant l'intérieur du bassin, de portes à coulisse, roulant sur des galets placés à leur partie supérieure, et glissant, simplement guidées en bas dans une gouttière.

Les mouvements de charbon sont effectués par des grues électriques, se déplaçant sur la jetée, par conséquent entre le bâti-

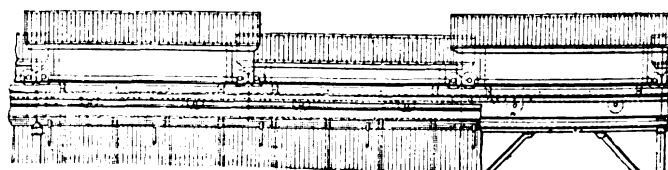


FIG. 6. — Toiture des magasins à charbon. (Vue longitudinale.)

ment et le parc, et effectuant facilement le transbordement dans un sens ou dans l'autre (d'un charbonnier au parc ou du parc à un bâtiment à ravitailler).

BASSIN DE RADOUB. — Sa longueur totale est de 230 m⁵⁰ : il peut être divisé en trois parties inégales par des bateaux portes pour lesquels des emplacements sont réservés. Les longueurs utiles des trois bassins ainsi constituées sont, en partant de l'entrée : 98 m⁴⁰, 37 m⁴⁰, 72 m³⁰ (fig. 7, p. 469). On n'a construit que deux bateaux portes, que l'on place suivant la longueur des bâtiments à échouer. On a soin, bien entendu, de mettre au fond le bâtiment pour lequel on prévoit les travaux les plus longs.

La largeur est de 36 m⁶⁰ au niveau du sol, de 21 m³⁵ au fond; l'entrée a une largeur de 29 m au niveau du sol; le radier est à 9 m⁴² au-dessous du niveau des basses mers. Les pompes sont capables de vider les 86 000 tonnes d'eau que contient le bassin en quatre heures.

La figure 8 (p. 469) donne une coupe transversale de la forme, la figure 9 (p. 469) une vue intérieure. La maçonnerie est entièrement en béton, avec revêtement de granit au fond, sur les banquettes et les gradins, les escaliers et les plans inclinés. La composition du béton est la suivante :

1 partie de ciment, 1 1/2 de sable, 5 de pierres pour les maçonneries situées au-dessous de l'eau.

1 partie de ciment, 3 de sable, 8 de pierres pour les parties situées au-dessus de l'eau.

Le granit est importé de Cornouailles ou de Norvège, taillé au

$1^m,80 \times 2^m,45$. Toutes ces vannes sont mues hydrauliquement, sauf une vanne quadruple, située près des machines d'épuisement, laquelle est commandée par la vapeur. La commande hydrau-

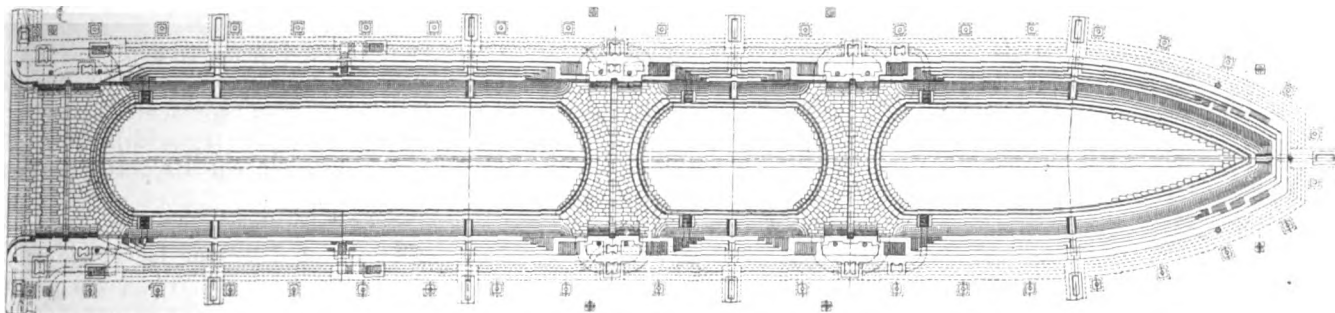


FIG. 7. — Bassin de radoub. (Vue en plan.)

lieu d'extraction et expédié prêt à être mis en place, les frais qui auraient été nécessités par l'extraction de ces blocs et leur taille compensant l'avantage qu'il y aurait eu à prendre les matériaux sur place.

L'ensemble de la maçonnerie de la forme est capable de résister à la pression extérieure, même au cas où le bassin serait supposé complètement entouré d'eau. Son épaisseur sous la ligne des tins est de $4^m,70$.

FIG. 8. — Bassin de radoub. (Coupe transversale.)

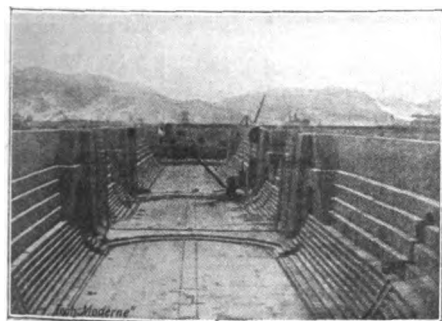
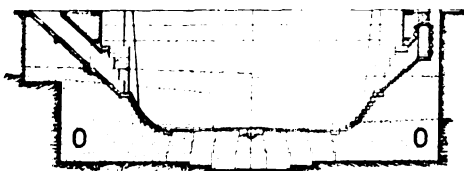


FIG. 9. — Bassin de radoub. (Vue intérieure.)

hauteur d'eau extérieure, et pourrait soulever les blocs de revêtement.

BATEAUX-PORTES. — Il existe deux bateaux-portes interchangeables. Le schéma que présente la figure 10 indique la forme de leur coupe transversale. La largeur en haut est de 29 m; la pente

des bajoyers de $\frac{12}{1}$. L'épaisseur de la partie supérieure est de $4^m,58$, celle de la partie inférieure de $8^m,40$. Le bateau est divisé dans le sens de la hauteur en quatre compartiments par quatre ponts A, B, C, D; la chambre à air est entre les ponts C et D, le lest au-dessous de D, les caisses d'immersion au-dessous de C. Des défenses obliques en acier en $ab, a'b'$ protègent le bateau contre les chocs.

Enfin un verrouillage convenable supprime toute levée accidentelle du bateau à mer haute.

VANNES ET TUYAUTAGES. — Les tuyautages d'épuisement sont disposés de façon à permettre la vidange de l'un quelconque des trois compartiments de la forme, indépendamment des deux autres. Ils comportent dix-sept vannes, dont les plus grandes ont

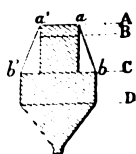


FIG. 10. Dispositif des bateaux-portes.

lique de chaque vanne est faite par un moteur à un seul sens de marche, le changement de sens étant obtenu par un train d'engrenages coniques, analogue à un différentiel d'automobile, et un double embrayage E, permettant d'embrayer sur AB, soit C_1 , soit C_2 , et par suite d'attaquer le cône C_1 commandant la vis de la vanne, soit par le cône C_2 , soit par le cône C_3 (fig. 11). Il est facile de voir que le sens de rotation de l'arbre AB restant le même, celui de FG change suivant que C_1 ou C_2 entraîne C_3 .

La vanne, en arrivant à bout de course, amène le désembrayage automatique de E et par conséquent l'arrêt du mouvement.

Les moteurs hydrauliques ont une puissance de 18 à 28 chevaux suivant les vannes; ils sont horizontaux, à double effet, admettant l'eau à une pression maximum de 53 kg par centimètre carré.

Les conduits d'aspiration des pompes ont $2^m,80 \times 1^m,50$ et sont munis d'un clapet de retour.

MACHINES D'ÉPUISEMENT. — La chambre des machines a $29 \text{ m} \times 19 \text{ m}$, la chambre des chaudières $29^m,50 \times 11^m,30$. Il existe deux pompes d'épuisement et deux pompes d'assèchement, ces dernières servant à l'achèvement de la vidange et à l'assèchement de l'eau rentrant en petites quantités dans le bassin, par suite de fuites ou d'autres causes accidentelles.

Les machines d'épuisement sont du type compound à condensation par surface; les cylindres sont horizontaux au niveau du sol, calés à 90° , attaquant directement l'arbre vertical de la turbine, les deux bielles agissant sur la même soie de manivelle. Les diamètres sont respectivement de 532 mm et de 1 070 mm, la course de 610 mm. Le disque de la pompe est au niveau du fond du bassin; son diamètre est de $2^m,44$.

Le marché spécifiait que les deux pompes agissant simultanément, seraient capables de vider les 86 000 tonnes que contient le bassin en quatre heures, la contre-pression maximum étant de $12^m,65$ et le nombre de tours des turbines de 140 par minute. Le temps réalisé aux essais fut deux heures trente-cinq minutes.

Les pompes d'assèchement sont du type à trois pistons, à simple effet, le diamètre des corps de pompe étant de 560 mm, la course de $1^m,22$. Elles sont commandées par deux machines à vapeur compound, disposées de façon que, par le jeu d'un embrayage, l'une quelconque d'entre elles puisse actionner l'une quelconque des pompes. Leur débit est de 1 500 tonnes sous une charge de $17^m,50$.

Les condenseurs sont au nombre de deux; chacun d'eux a une surface réfrigérante de 280 m². Un d'eux suffit pour les deux machines. La pompe de circulation est centrifuge. Les pompes à air à double effet refoulent l'eau dans deux bâches, où elle est réchauffée.

L'appareil évaporatoire comprend huit chaudières cylindriques

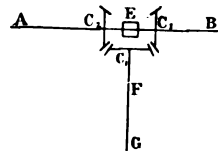


FIG. 11. — Schéma de la commande des vannes.

sans retour de flamme de 2^m,60 de diamètre, de 5^m,34 de long, timbrées à 11 kg.

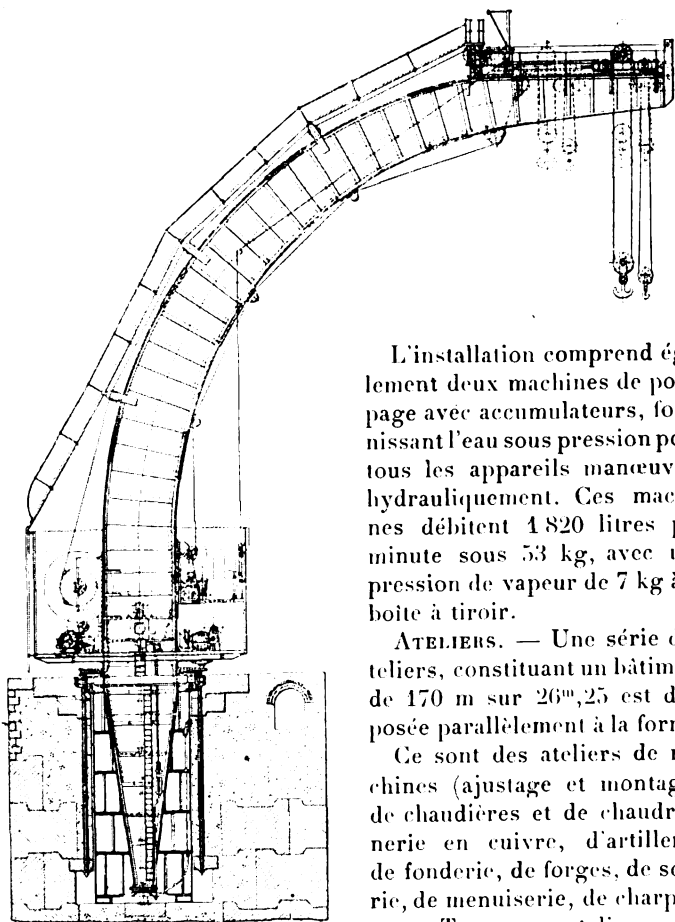


FIG. 12. — Grue système Fairbairn.

tionnant les machines-outils sont commandées électriquement; le courant nécessaire est fourni par l'ancien arsenal, dont la sta-

L'installation comprend également deux machines de pompage avec accumulateurs, fournissant l'eau sous pression pour tous les appareils manœuvrés hydrauliquement. Ces machines débitent 1 820 litres par minute sous 53 kg, avec une pression de vapeur de 7 kg à la boîte à tiroir.

ATELIERS. — Une série d'ateliers, constituant un bâtiment de 170 m sur 26^m,25 est disposée parallèlement à la forme.

Ce sont des ateliers de machines (ajustage et montage), de chaudières et de chaudronnerie en cuivre, d'artillerie, de fonderie, de forges, de scierie, de menuiserie, de charpentage. Tous ces ateliers sont équipés de ponts roulants électriques; les transmissions actionnant les machines-outils sont commandées électriquement;

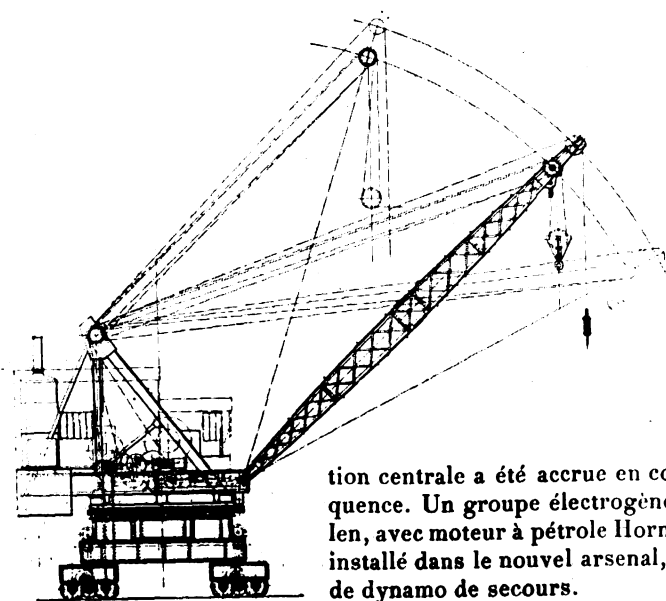


FIG. 13. — Grue de 30 tonnes système Ransome et Rapier.

Chacune d'elles a une portée de 20 m et peut faire un tour

tion centrale a été accrue en conséquence. Un groupe électrogène Allen, avec moteur à pétrole Hornsby, installé dans le nouvel arsenal, sert de dynamo de secours.

APPAREUX DE LEVAGE DESSERVANT LES BASSINS. — Il existe :

1° Deux grues électriques, système Fairbairn, l'une de 50 tonnes (fig. 12) à l'ouest du bassin,

l'autre de 20 tonnes, à l'est.

Chacune d'elles a une portée de 20 m et peut faire un tour

complet en portant sa charge. Les déplacements utiles en hauteur sont de 20 m au-dessus du sol, 13^m,70 au-dessous. Ces grues ont été fournies par MM. Cowan, Sheldon et C^{ie}. Ainsi que le montre la figure 12, la charge est portée par un chariot et peut être déplacée de 3 m environ;

2° Une grue de 30 tonnes à vapeur, se déplaçant le long du bassin de radoub, sur une voie ferrée de 4^m,60, disposée de chaque bord à cet effet. Cette grue, représentée figure 13, a été fournie par MM. Ransome et Rapier (Ipswich). Elle se déplace par ses propres moyens avec sa charge. Sa portée peut varier à volonté entre 9^m,15 et 16^m,80.

En outre, deux grues spéciales électriques sont en construction chez MM. Cowan, Sheldon et C^{ie}, pour le service du parc à charbon. Elles seront placées sur voie ferrée sur la jetée Est, et chacune d'elles sera capable de transborder 50 tonnes de charbon à l'heure, soit des charbonniers aux magasins, soit des magasins aux bâtiments.

Enfin, des fondations ont été préparées dans la jetée Ouest pour une bigue de 100 tonnes.

CABESTANS. — Dix-huit cabestans hydrauliques de 16 tonnes sont répartis le long des quais. Fournis par la General Engine and Boiler Company, de New Cross, ils sont actionnés par l'eau provenant des machines de pompes et accumulateurs installés dans le local des machines d'épuisement. Les canalisations d'eau sous pression sont disposées dans des conduits souterrains, de façon à être facilement visitables et réparables.

P. L.

Ingénieur de la marine.

MÉTALLURGIE ET TRAVAIL DES MÉTAUX

Recherches sur la dureté des aciers. Parallèle entre la dureté et la résilience (').

(Suite et fin.)

RELATIONS ENTRE LA DURETÉ ET LA RÉSISTANCE A LA TRACTION.

— Coefficients de proportionnalité applicables aux aciers recuits et aux aciers trempés. — Si on appelle R la résistance à la traction du métal et Δ le nombre de dureté (chiffre de Brinell), on a la relation établie par Brinell :

$$\frac{R}{\Delta} = K$$

dans laquelle K est un coefficient subissant peu de variations pour les aciers au carbone.

Ce fait peut être vérifié expérimentalement d'une façon courante.

Il a son intérêt puisqu'il permet de simplifier les essais de traction.

En effet, il suffit de mesurer le diamètre d'une empreinte à la bille, de déduire de cette empreinte le nombre de dureté et, enfin, de multiplier ce nombre de dureté par le coefficient de proportionnalité pour avoir la résistance à la rupture.

Ces opérations sont simples et évitent la confection toujours onéreuse des barreaux de traction.

Mais le coefficient de proportionnalité n'est pas absolument constant. Il subit de légères variations avec les différentes nuances d'acier, variations qu'il est intéressant de préciser. Nous étudierons successivement les aciers recuits et les aciers trempés ayant subi divers revenus.

a) *Aciers recuits.* — Les aciers ordinaires au carbone peuvent se diviser comme il suit :

Aciers extra-doux, pour lesquels R varie de.	34 à 40 kg
Aciers doux et demi-doux	40 à 55

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 6 (juin 1911), p. 373, et n° 7 (juillet 1911), p. 420.

Aciers demi-durs	55 à 65 kg
Aciers durs	65 à 75
Aciers extra-durs pour lesquels R est > . .	75

Pour chacune de ces nuances, un grand nombre d'essais de traction ont été faits parallèlement avec des essais de dureté.

Ils ont permis de déterminer les coefficients de proportionnalité.

1° Essais de dureté effectués *perpendiculairement au sens du laminage*. — D'après ces essais, les aciers au carbone peuvent se diviser comme il suit, au point de vue de la dureté :

Aciers extra-doux	$\Delta < 120$
Aciers doux et demi-doux	$120 < \Delta < 160$
Aciers demi-durs	$160 < \Delta < 180$
Aciers durs	$\Delta < 120$

Les coefficients de proportionnalité correspondant aux différentes nuances sont les suivants :

Aciers extra-doux	K = 0,360
Aciers doux et demi-doux	K = 0,355
Aciers demi-durs	K = 0,353
Aciers durs	K = 0,349

b) *Aciers trempés et revenus*. — Les aciers en question, sauf les aciers extrêmes extra-doux et extra-durs, ont été soumis, après trempe, à des revenus et recuits variant depuis 100° jusqu'à 1200°.

Pour chaque traitement thermique, des essais de dureté ont été faits parallèlement avec des essais de traction.

Les résultats ont pu être synthétisés en des tableaux, établis d'après la moyenne d'un grand nombre d'essais.

Des courbes de dureté et des courbes de traction représentent l'allure générale du phénomène pour des aciers de chaque classe ayant respectivement les propriétés moyennes de la classe à laquelle ils appartiennent, à savoir :

Aciers doux et demi-doux	R = 44 kg
Aciers demi-durs	R = 60
Aciers durs	R = 70

Pour avoir les coefficients de proportionnalité, il a fallu opposer aux courbes moyennes de résistance les courbes moyennes de dureté établies au moyen d'empreintes nombreuses, exécutées à différents revenus sur des aciers de nuances indiquées.

Pour un même échantillon d'acier et pour un même revenu, il était effectué environ 20 empreintes.

Les allures des deux courbes sont sensiblement les mêmes.

La comparaison de ces deux courbes donne lieu aux remarques suivantes :

Aciers durs. — Pour les aciers durs, les empreintes faites aux différents revenus se sont montrées d'une très grande régularité.

Les écarts constatés entre les empreintes, pour un même revenu, ont été en général de 1 à 2 centièmes.

La courbe de dureté a donc pu être déterminée d'une façon continue pour ces aciers.

Pour les aciers durs, la courbe des résistances est au contraire très difficile à déterminer entre le revenu nul et le revenu de 400°, les barreaux cassant par fragilité.

Dans cet intervalle, la courbe de dureté peut donc donner des indications que ne donne pas la courbe de traction.

Elle met en évidence un maximum de dureté pour un revenu d'environ 100°.

Coefficient de proportionnalité de l'acier dur trempé. — Le coefficient de proportionnalité de l'acier dur trempé ayant subi un revenu compris entre 500° et 600°, a été trouvé de 0,318.

Nous avons vu précédemment que le coefficient de proportionnalité de l'acier dur recuit avait été trouvé de 0,349.

Aciers demi-durs. — Les aciers demi-durs ont fourni souvent des empreintes assez irrégulières entre le revenu nul et le revenu 500°.

Coefficient de proportionnalité de l'acier demi-dur trempé. — Le coefficient de proportionnalité de l'acier demi-dur trempé, ayant subi un revenu compris entre 500° et 650° a été trouvé de 0,344.

Nous avons vu précédemment que le coefficient de proportionnalité de l'acier demi-dur recuit avait été trouvé de 0,353.

Acier doux. — L'acier doux donne lieu, pour les revenus peu élevés, aux mêmes observations que l'acier demi-dur, au sujet de la régularité des empreintes.

Coefficient de proportionnalité de l'acier doux trempé. — Le coefficient de proportionnalité de l'acier doux trempé, ayant subi un revenu compris entre 500° et 700°, a été trouvé de 0,346.

Nous avons vu précédemment que le coefficient de proportionnalité de l'acier doux recuit avait été trouvé de 0,355.

RELATIONS ENTRE LA DURETÉ ET LA FRAGILITÉ POUR LES ACIERS ORDINAIRES AU CARBONE ET LES ACIERS SPÉCIAUX. — Il est intéressant de pouvoir procurer à un acier, par un traitement thermique approprié :

1° De la dureté ;

2° De la résistance au choc ou absence de la fragilité.

La dureté est déterminée par la méthode de Brinell.

L'absence de fragilité peut être décelée par des essais au choc, exécutés à l'aide d'un mouton de Guillery par exemple, permettant de déterminer le nombre de kilogrammètres nécessaires pour amener la rupture d'un barreau entaillé 10 × 10 × 60 (type Mesnager).

Associer une grande dureté à une grande résilience au choc, c'est-à-dire un chiffre élevé de Brinell à une résilience considérable, doit être le but à poursuivre, notamment pour les aciers à outils.

Même avec des aciers spéciaux, il y a toujours un sacrifice à consentir sur la dureté ou la résilience, suivant le but cherché.

Dans la plupart des cas, on devra se contenter d'associer une dureté moyenne à une ténacité moyenne, ces qualités étant révélées par les procédés précédemment indiqués.

Les résultats obtenus ont été résumés dans des tableaux montrant ce qu'on peut attendre, d'une façon générale, d'un acier ordinaire au carbone.

Les suppléments de dureté et de résilience ne pourront être obtenus qu'en faisant appel à des aciers spéciaux.

Ces tableaux donnent lieu aux remarques suivantes :

Remarque I. — Il est préférable, quand la chose est possible, c'est-à-dire quand des déformations ne sont pas à craindre, de soumettre, pour la régénération, le métal à une trempe suivie de recuit plutôt qu'à un simple recuit.

Par le premier procédé, les caractéristiques ρ ou résilience (d'une façon générale) et Δ ou chiffre de dureté (fréquemment) sont plus fortes.

Remarque II. — Le nombre de dureté maximum des aciers durs ordinaires trempés varie de 600 à 650 (trempe sans revenu à revenu 200).

A ce nombre de dureté correspond une résilience très faible.

Pour les aciers extra-durs ordinaires, le nombre de dureté maximum est d'environ 700 (trempe sans revenu sensible).

La résilience correspondante est sensiblement nulle.

Quand on veut avoir une dureté de cet ordre avec une certaine résilience, il faut ajouter certains constituants aux aciers, c'est-à-dire avoir recours aux aciers spéciaux.

Remarque III. — Les aciers étudiés ont montré, d'une façon générale, leur maximum de résilience après trempe et revenu à une cinquantaine de degrés au-dessous du point A_s , défini par Tchernoff.

Le recuit jusqu'au point A_s consécutif à la trempe a donné une résilience moins forte que celle obtenue par le traitement précédent.

La coexistence d'une grande dureté avec une résilience appréciable reste la caractéristique des aciers spéciaux ou spécialement affinés au creuset.

Pour obtenir une grande dureté, on a recours à des aciers extra-durs ayant, à l'état recuit, un chiffre de dureté d'environ 300 et à l'état trempé, sans revenu, un chiffre supérieur à 800.

La fragilité des aciers extra-durs ordinaires rend pour ainsi dire inutilisable leur dureté, notamment pour les pièces et outils travaillant au choc, telles les matrices de forge.

Les aciers spéciaux, au contraire, associant à leur dureté une résilience suffisante, donnent des résultats très intéressants, pour le travail de matriçage par exemple.

Le nombre de dureté et la résilience semblent donc constituer les véritables caractéristiques des aciers extra-durs et particulièrement des aciers à outils.

Capitaine GRARD,
de l'Atelier de Construction de Puteaux.

Propriétés de l'acier au nickel à 3 % sous différents traitements thermiques.

MM. Andrew Mac Williams et Ernest J. Barnes ont communiqué au dernier Congrès de l'Iron and Steel Institute les résultats de leurs essais effectués sur des lingots carrés d'acier, de 80 mm de côté, fabriqués au creuset et martelés en barres rondes de 25 mm de diamètre. La teneur en nickel des éprouvettes sur lesquelles ont porté les essais variait entre 2,92 % et 3,15 %, la teneur en manganèse allait de 0,11 % à 0,19 % et la teneur en silicium était inférieure à 0,1 %. Quant à la teneur en carbone, elle variait d'un échantillon à l'autre entre 0,06 % et 0,91 %. Le tableau I indique les traitements thermiques auxquels ont été soumis les différents échantillons :

TABLEAU I.

TRAITEMENTS THERMIQUES	DÉSIGNATIONS
Acier tel quel.	a
Acier maintenu 30 minutes à 900°, puis refroidi lentement à l'air.	b
Acier chauffé à 950°, maintenu 20 minutes à 950°, puis refroidi très lentement dans le four.	c
Acier trempé à l'eau à 850°, puis revenu à 400°.	d
Acier trempé à l'eau à 850°, puis revenu à 500°.	e
Acier trempé à l'eau à 850°, puis revenu à 650°.	f

TABLEAU II.

COMPOSITION des aciers %	TRAITEMENT thermique	LIMITÉ d'élasticité kg par mm ²	RÉSISTANCE à la traction kg par mm ²	ALLONGEMENT %
C = 0,06 Ni = 3,05 Mn = 0,11	a	36,4	47,2	35
	b	33,2	46,9	38
	c	29,1	42,3	39
	d	41,7	52,2	37
	e	36,7	50,0	37
	f	36,7	49,2	37
C = 0,47 Ni = 2,92 Mn = 0,14	a	39,5	67,2	22
	b	39,2	65,6	23
	c	30,2	50,7	28
	d	77,1	105,1	18
	e	66,9	95,4	19
	f	53,1	74,3	26
C = 0,91 Ni = 3,10 Mn = 0,17	a	55,2	105,8	8
	b	53,7	105,1	12
	c	22,8	37,3	17
	d	148,0	166,3	8
	e	116,0	140,2	12
	f	74,3	91,9	17

Des essais de résistance à la traction et de fatigue ont été exécutés sur toutes les éprouvettes, dont la structure micrographique a été également examinée.

Comme l'indique le tableau II, la limite élastique est particulièrement basse pour les éprouvettes chauffées à 950°. Pour

les éprouvettes trempées, la limite élastique s'élève fortement en même temps que la teneur en carbone, et elle est d'autant plus élevée que la température de revenu est plus basse. Lorsque la teneur en carbone est faible, c'est-à-dire jusqu'à 0,12 % environ, la différence de traitement thermique n'a que peu d'effet sur les propriétés mécaniques. Un revenu à 650° après trempe a pour effet de ramener presque à leur valeur primitive les propriétés mécaniques.

MM. Mac William et Barnes ont trouvé, par l'examen micrographique, que, pour l'acier à 3 % de nickel, la teneur en carbone de l'eutectique se trouve entre 0,74 % et 0,91 %. H. L.

TEINTURE ET IMPRESSION

Nouveaux procédés de teinture et d'impression.

TEINTURE DE TISSUS COTON-SOIE ARTIFICIELLE. — L'usine Cassella recommande pour la teinture en colorants directs de ces tissus, où la soie artificielle a une tendance à se teindre beaucoup plus fortement que le coton, de préparer à l'avance ces tissus comme suit : traiter en bain de tannin (de 10 % à 15 % du poids de tissus) quelques heures entre 60° et 70° C, rincer, puis passer en bain de chlorure d'étain tiède (2/3 de la quantité de tannin), laver. On peut surteindre en colorant basique pour donner de la vivacité.

PRÉPARATION EN TANNIN ÉMÉTIQUE EN UN SEUL BAIN (Brevet de la B.A.S.F. D.R.P. 233.278 1^{er} avril 1911). — On plaque le tissu à la hot. flue avec un bain composé de solution de tannin, d'acide oxalique et d'un sel d'antimoine; on sèche. Il suffit ensuite de rincer et de teindre. Comme sel d'antimoine, l'oxalate semble le plus indiqué et donne de bons résultats; son emploi permet de diminuer la proportion d'acide oxalique du bain. Les teintures ainsi obtenues ne se distinguent ni en intensité, ni en solidité des teintures faites sur tissus préparés en deux bains par le procédé ordinaire.

Pour l'article rongé à la soude caustique, il suffit d'imprimer le rongé alcalin sur le tissu plaqué et séché comme il a été indiqué. Puis on vaporise une demi-minute, on lave et teint; le blanc obtenu est très bon et net.

EFFETS BROCHÉS SUR COTON. — La maison Heilmann et C^{ie}, à Mulhouse, obtient des effets brochés sur tissus de coton, par le procédé connu à la viscose, mais augmente l'effet plastique par introduction dans la couleur d'un mélange d'aluminate et de silicate, borate ou phosphate de soude qui ne précipite pas à froid dans la couleur, mais qui, au vaporisage, forme un sel d'alumine insoluble, opaque. J.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Indicateur de niveau dans les chaudières à vapeur (système Lvovitch-Kostritsa).

C'est un indicateur magnétique (fig. 1) qui peut se monter sur une armature pour tube de niveau ordinaire. Le tube en cristal y est remplacé

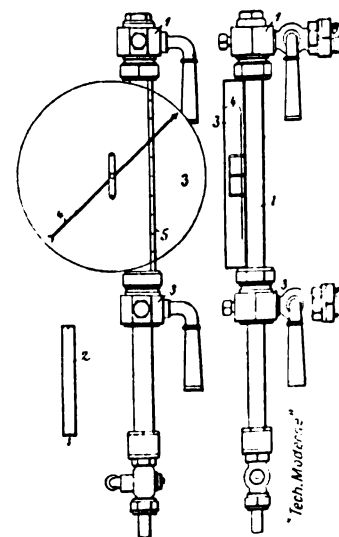


FIG. 1. — Dispositif de l'indicateur de niveau système Lvovitch-Kostritsa.

par un tuyau en cuivre 1, dans lequel se déplace un flotteur magnétique 2, et devant ce dernier, fixée sur un cadran 3, se trouve une aiguille aimantée 4, qui indique le niveau de l'eau sur une graduation 5. A. L.

NOTES DE MÉCANIQUE ET DE PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Les progrès des machines semi-fixes. — Un nouveau compteur d'eau à basculement.

Les progrès des machines semi-fixes. — La machine semi-fixe, au moins en Allemagne, semble avoir entamé une lutte résolue contre la machine fixe, même pour les grandes puissances.

Les qualités économiques de la machine semi-fixe, dues évidemment

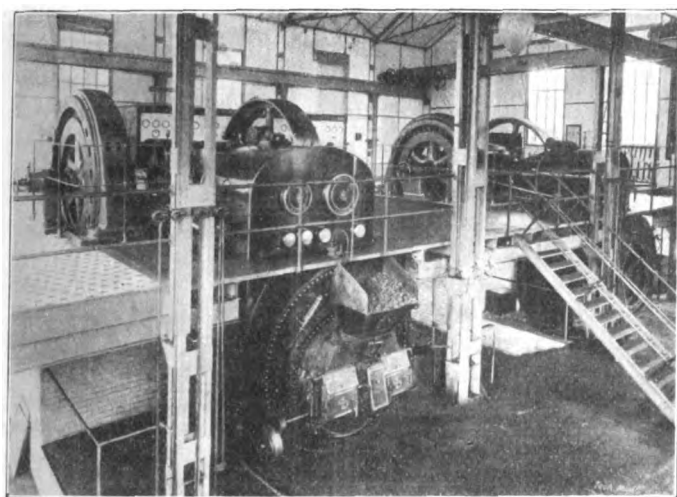


FIG. 1. — Station centrale avec demi-fixes système Lenz à alternateurs directement accouplés.

à la grande compacité qui diminue les pertes thermiques, sont contrebalancées *a priori* par la complication assez grande et les dilatations inégales qu'on n'arrive pas toujours à éviter ou à compenser parfaitement. Ces considérations donnent à réfléchir dès qu'il s'agit de grosses puissances.

Il ne semble pas, pourtant, que les difficultés soient insurmontables : on a vu la machine Lenz de 1000 chevaux exposée à Bruxelles (1) ; la

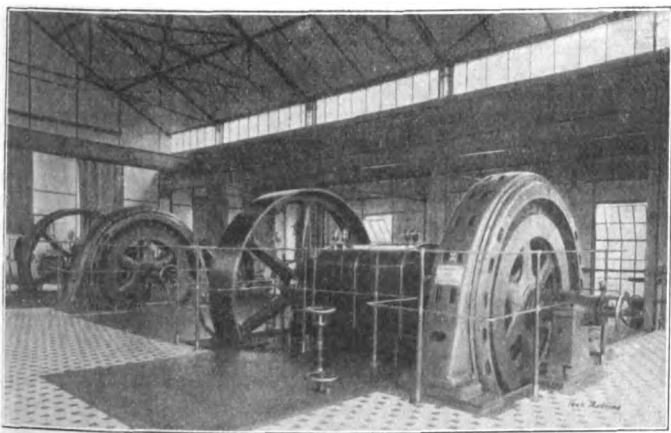


FIG. 2. — Station centrale avec demi-fixes à alternateurs directement accouplés. (Vue du côté opposé à celui représenté sur la figure 1.)

même firme vient de mettre en route, à la Deutsch Wäfen Fabrik de Mannheim, une station centrale à machines semi-fixes, que représentent les figures 1 et 2.

Outre les applications de la surchauffe et de la condensation, classiquement usitées dans ces machines, on voit qu'on n'a pas hésité à

réaliser la commande directe des alternateurs, et, d'autre part, les générateurs sont chauffés avec des foyers automatiques.

Le corps du générateur est complètement indépendant du bâti de la machine, supportée par de véritables piliers ; cette indépendance

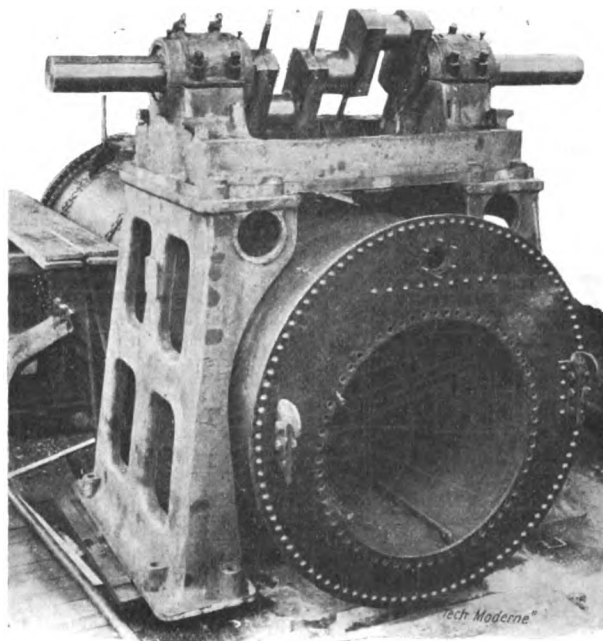


FIG. 3. — Vue de montage montrant l'indépendance du bâti et de la chaudière.

était rendue absolument nécessaire pour l'accouplement direct : la dilatation en hauteur, selon que la chaudière est chaude ou froide, aurait fatigué l'arbre et les paliers ; notons d'ailleurs que, par surcroît de sécurité, ces gros paliers sont à rotule.

La figure 3 montre clairement comment, dans les machines Lenz, on réalise l'indépendance complète de la chaudière et du bâti de la machine ; à cet effet, comme on peut le voir, deux robustes chaises latérales sont destinées tout spécialement à supporter ledit bâti.

Un nouveau compteur d'eau à basculement. — Le problème du mesurage des liquides avec régularité et exactitude est difficile à résoudre. Les compteurs d'eau dits « fermés », même ceux à piston, présentant une exactitude beaucoup plus grande que les compteurs à turbine, offrent fréquemment des surprises désagréables, lesquelles proviennent le plus souvent d'un défaut d'entretien, défaut de graissage en particulier.

La faveur est de plus en plus aux compteurs « ouverts » plus encombrants, mais beaucoup plus robustes, beaucoup plus sûrs et beaucoup plus exacts. Cette catégorie de compteurs à basculement comporte d'ordinaire, pour provoquer le mouvement de bascule, un mécanisme de flotteurs, chaînes, etc., qui est au contact de l'eau et de l'air alternativement, d'où oxydation et destruction possible à la longue. Nous croyons intéressant de signaler un nouveau compteur, système Lacombe, où le mécanisme de distribution tout entier est soustrait à l'action de l'eau, et ne comporte aucune chaîne ni flotteur.

La figure 1 (page 474) montre schématiquement le mécanisme de ce compteur, dont voici le fonctionnement :

L'eau, arrivant par le tuyau M, est dirigée, à son entrée dans l'appareil, au moyen du cône oscillant D, alternativement vers l'un ou l'autre des bacs mesureurs symétriques A' et A". Dans la position représentée sur le dessin, le bac A' se remplit, tandis que le bac A" se vide.

Lorsque le bac A' est plein, l'eau déborde par le déversoir E' dans l'un des plateaux C' d'une balance hydraulique placée en avant et en dehors des bacs mesureurs. A ce moment, la balance bascule, entraînant dans son mouvement un train d'engrenages, commandant les clapets B' et B", placés respectivement au fond des bacs A' et A", et

(1) Voir *Publications de la Technique Moderne : La mécanique à l'Exposition universelle et internationale de Bruxelles de 1910*, par G. VAN ENGELN, p. 28 et suiv.

entraînant également le cône de distribution oscillant D. Dans ce mouvement, le clapet B' s'ouvre et le clapet B" se ferme, tandis que le cône de distribution dirige maintenant l'eau dans le bac A".

La cuvette C', de la balance hydraulique, arrivée à bas de course, se vide au moyen d'un clapet placé dans le fond et qui vient en contact avec une butée. Le mécanisme, qui est tout entier symétrique par rapport au plan médian de l'appareil, est alors prêt à fonctionner de nouveau, ainsi qu'il vient d'être dit, mais en sens inverse : pendant que le bac A" se remplit, le bac A' se vide alors.

Une colonne d'eau ou de mercure, placée parallèlement au fléau de

compteurs fermés : même en présence d'usure, les clapets restent étanches par suite de la conicité du siège et de la soupape : il ne se produit donc pas d'erreurs augmentant avec le temps, comme avec les compteurs à pistons ou à turbines, sujets à usure, dans lesquels se produisent à la longue des passages directs d'eau non mesurée.

Pour des débits variant dans des limites de 25 % en dessous, à 10 % en dessus du débit normal prévu, l'erreur, c'est-à-dire la différence de lectures, ne peut varier que de 1 % en moins à 1 % en plus. Encore en pourrait-on tenir compte, si cela était absolument nécessaire, au moyen d'une table calculée d'après les hauteurs des lames

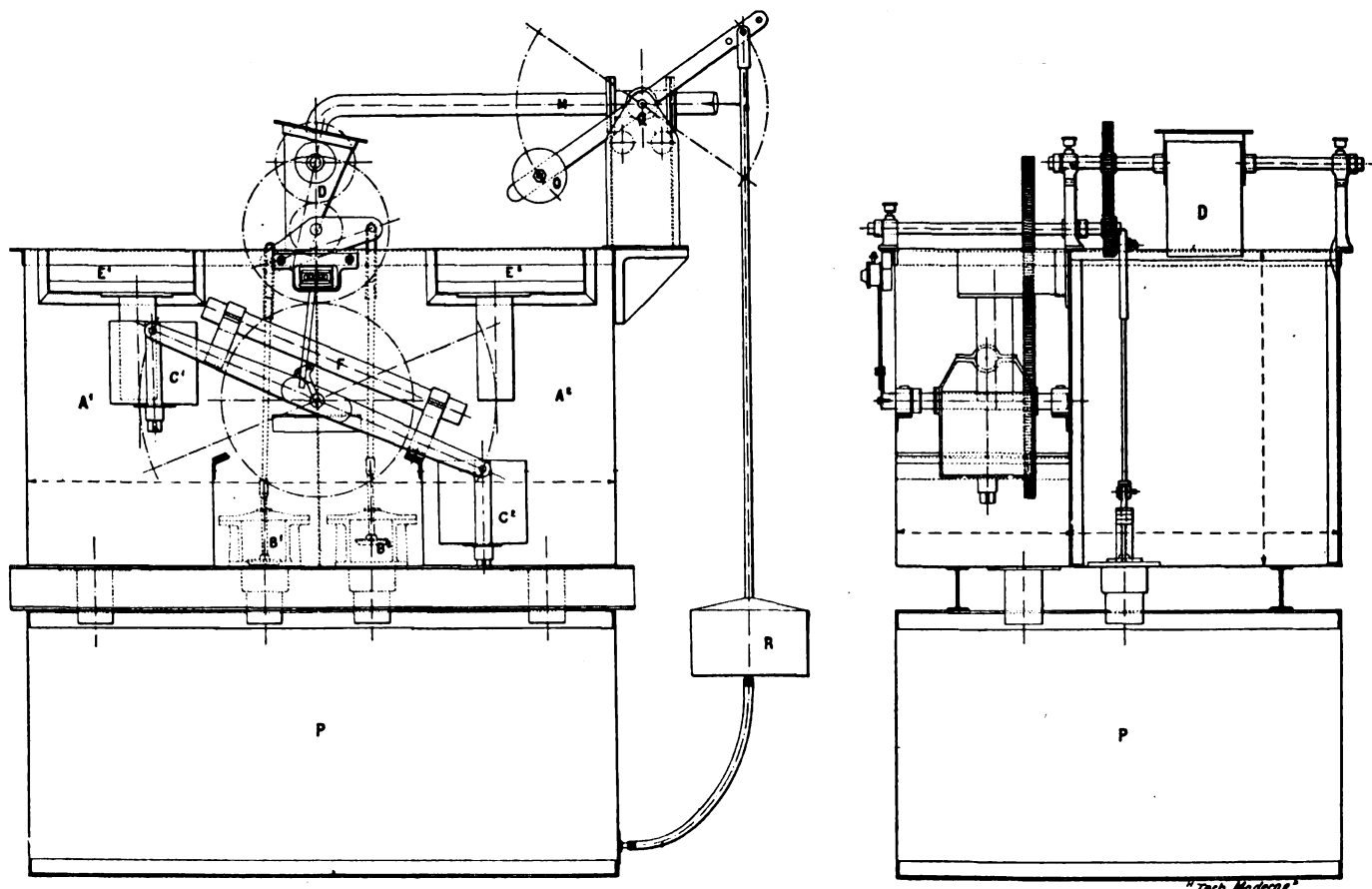


FIG. 1. — Dispositif du compteur d'eau volumétrique à basculement (système Lacombe).

la balance, permet de toujours achever le mouvement, quelque faible que soit l'arrivée d'eau, et de produire un renversement brusque. Une fois l'équilibre rompu, le mouvement s'achève de lui-même : c'est un simple calcul de moments fléchissants.

Un compteur du nombre des basculements est relié à la balance. L'eau ainsi mesurée se déverse dans un bac inférieur P, dans lequel elle peut être puisée au fur et à mesure des besoins. Un dispositif d'arrêt automatique peut être prévu, pour commander l'arrivée ou l'arrêt de l'eau au compteur suivant le niveau de l'eau dans la bache inférieure. La disposition de cette bache et de la commande automatique de l'arrivée d'eau au compteur, peut varier suivant les conditions particulières à chaque installation.

Ces appareils présentent différents points de supériorité sur les

de déversement pour les divers débits considérés. L'appareil est donc *rigoureusement* exact et ne peut jamais varier, ce qui n'est réalisé dans aucun autre système de compteur.

Il en résulte également, puisqu'il n'y a pas d'usure à craindre en surchargeant l'appareil, que celui-ci est beaucoup plus élastique que les compteurs usuels.

Il devient ainsi inutile d'adopter des appareils d'un type plus fort que celui correspondant au débit moyen, même avec des alimentations intermittentes, ainsi que c'est le cas le plus général, bien que peu recommandable, et l'on n'est pas exposé à voir l'appareil s'abîmer par suite d'une négligence du chauffeur, lorsqu'il accélère, parfois au delà de toute limite prévue, l'alimentation de sa chaudière.

J. IZART.

NOTES D'ÉLECTRICITÉ

L'amortissement du bruit et des trépidations des machines électriques. — Vernis inaltérable pour bacs d'accumulateurs. — Emploi de l'électricité dans les fabriques de glace artificielle. — Le freinage des appareils de levage électriques.

L'amortissement du bruit et des trépidations des machines électriques. — Le dispositif suivant permet d'amortir d'une façon effi-

cace le bruit et les trépidations d'un moteur, d'une dynamo ou d'un transformateur.

Le pied M (fig. 1, page 475) de la machine, dont les oscillations doivent être amorties, est fixé à la plaque P de l'amortisseur par un boulon. Cette plaque est supportée par trois tiges A, B, C, dont les tensions sont réglées, au moyen d'écrous, de façon à équilibrer le poids de la machine. Des rondelles élastiques E, intercalées entre les plaques

de serrage D, et le socle S, amortissent les trépidations transmises aux tiges. Le socle S de l'amortisseur est fixé au sol ou au plafond au

moyen de vis V. Une rondelle élastique E_1 est en outre placée entre le socle S et la plaque P.

En examinant la figure 2, représentant la projection horizontale du dispositif, on voit que l'on obtient l'amortissement des oscillations, non seulement verticales mais encore horizontales et par suite aussi des oscillations elliptiques auxquelles sont soumises la plupart des machines.

Vernis inaltérable pour bacs d'accumulateurs. — Il est possible, au moyen d'un procédé simple, de mettre le bois en état de résister à l'attaque des acides et des substances alcalines.

Le bois, raboté et dégraissé au besoin, est imprégné d'une pre-

mière solution obtenue en dissolvant une partie, en poids, de chlorhydrate d'aniline et une partie de chlorhydrate d'ammoniaque dans six parties d'eau, puis on laisse sécher à l'air. On imprègne ensuite avec une seconde solution obtenue en faisant dissoudre deux parties, en poids, de sulfate de cuivre et une partie de chlorate de potassium dans douze parties d'eau; on laisse encore sécher à l'air. Ces opérations sont renouvelées quatre fois, et le bois prend une couleur verdâtre, de petits cristaux provenant des solutions recouvrent sa surface. Le bois traité est enfin recouvert de savon en poudre, baigné et lavé à grande eau.

Le bois devient alors presque incombustible et prend une teinte noire brillante. Quand il est sec, on le frotte vigoureusement avec un linge imbibé d'huile de lin non cuite.

Emploi de l'électricité dans les fabriques de glace artificielle.

— Dans l'Amérique du Nord, un certain nombre de grandes fabriques de glace artificielle sont adjointes à des centrales électriques. En général, les compresseurs à ammoniaque sont commandés par des moteurs d'induction à nombre de tours réglables. Dans une installation de Buffalo destinée à produire 100 t de glace par jour, au moyen d'eau de rivière filtrée, on emploie un moteur d'induction de 200 chevaux, 25 périodes et 2 200 volts pour la commande de chacun des deux compresseurs; une installation de réserve de 100 chevaux est destinée à produire 30 t de glace par jour en hiver. Le réglage s'obtient au moyen de résistances d'induits. Dix moteurs d'une puissance globale de 50 chevaux, marchant sous 440 volts, sont destinés à la commande des pompes, des scies à glace, des ascenseurs, des appareils de levage, etc. En 1910, la production de la glace a été de 16 639 t correspondant à une dépense d'énergie de 1 445 000 chevaux-heures. La dépense d'énergie par tonne de glace variait selon l'époque de l'année entre 57 et 116 chevaux-heures. Le prix de revient moyen de l'énergie électrique dépensée par tonne de glace a été de 1 fr 87 et le prix de revient total de la tonne de glace de 3 fr 74.

Dans une seconde installation où la glace est produite au moyen d'eau distillée, on a préféré l'emploi de l'énergie électrique malgré l'installation nécessaire de chaudières. La production journalière de la glace est encore de 100 t, ce qui a nécessité l'emploi de deux chaudières de distillation de 75 chevaux. Les deux compresseurs verticaux sont commandés par des moteurs d'induction de 175 chevaux

sous 2 200 volts, dont le nombre de tours peut encore être réglé par une résistance; 10 moteurs d'une puissance totale de 55 chevaux servent à l'exploitation auxiliaire. L'eau dure de rivière est transformée en eau douce et introduite dans les chambres de distillation. En 1910, la production a été de 30 300 t de glace avec une dépense d'énergie de 1 772 000 chevaux-heures; le nombre de chevaux-heures a varié de 49,24 à 86,68 par tonne de glace; la moyenne a été de 58,6 chevaux-heures au lieu de 86,8 dans le premier cas. Le prix de revient de l'énergie a été de 1 fr 17 par tonne et le prix de revient total de 3 fr 13.

Le freinage des appareils de levage électriques. — M. Wintermeyer a décrit récemment les différents modes de connexions employées pour le freinage des engins de levage au moment de la descente des charges. Le principe consiste à faire travailler le moteur en dynamo au moment où les charges descendent sous l'action de leur propre poids.

La figure 1 représente le schéma le plus simple, l'induit a , l'excitation f et la résistance c sont en série. Cette disposition a un inconvénient: la charge descend pendant un instant sans être freinée, car l'auto-excitation du moteur travaillant en dynamo n'est pas instantanée. Cet inconvénient est évité dans la disposition représentée par la figure 2, une excitation étrangère est fournie par le réseau au travers d'une résistance auxiliaire e servant au renforcement du champ. Les connexions de la figure 3 forment une combinaison des connexions des deux premiers schémas.

Dans le système Bergmann (fig. 4), un des enroulements f d'excitation est placé dans le circuit de freinage du moteur qui possède un second enroulement m de renforcement d'excitation. L'excitation au début du freinage demande une plus faible dépense d'énergie que dans le cas de la figure 2.

Pour éviter les surtensions élevées pouvant prendre naissance lorsque le freinage est brusquement effectué au moment d'une grande vitesse de descente, l'« Union E. G. » emploie un électro n (fig. 5) dont l'excitation est annulée lorsque la force électromotrice qui prend naissance, atteint la tension du réseau; un frein mécanique est alors libéré.

Parfois, les nécessités de l'exploitation obligent à accélérer des charges, pouvant descendre sous leur propre poids, en se servant des plots de descente sous courant. Si l'on revient d'une façon brusque aux plots de freinage, il se produit une surtension élevée qui peut atteindre le double de la tension du réseau.

Pour parer à cet inconvénient, l'A. E. G. emploie une résistance de protection p (fig. 6). Cette résistance, contrairement au rhéostat, n'est jamais court-circuitée, elle possède trois bornes qui la divisent en deux parties identiques mises en parallèle, tant que les plots de descente freinée ne sont pas franchis, et en série lorsque l'on revient des positions de descente sous courant au zéro. Cette manœuvre est automatique grâce à un deuxième cylindre parallèle au cylindre principal portant les segments du contrôleur.

Les usines Bergmann emploient souvent, pour l'équipement des grues, le convertisseur système Léonard, qui permet une récupération de l'énergie de freinage.

Lorsqu'il s'agit de freiner des moteurs asynchrones triphasés, on connecte le rotor pour l'ascension de la charge et on diminue le couple du moteur en intercalant des résistances dans le rotor. Si une égalité temporaire se produisait entre les couples antagonistes, le mouvement pourrait se faire dans le sens inverse de celui que l'on désire. Pour obvier à cet inconvénient, les usines Siemens-Schuckert emploient un freinage spécial à encliquetage.

L. V. B.

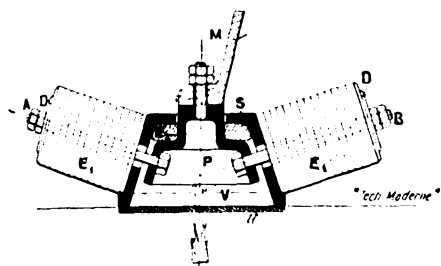


Fig. 1. — Schéma de l'amortisseur.

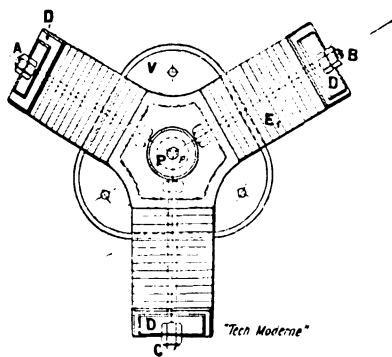
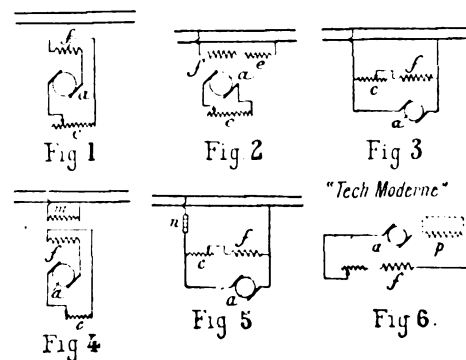


Fig. 2. — Amortisseur (projection horizontale).



Schémas des connexions en frein de descente pour appareils de levage.

NOTES DE MÉTALLURGIE

*La corrosion du fer. — L'augmentation de volume des fontes.
Four électrique pour la fusion du zinc.*

La corrosion du fer. — M. John W. Cobb a étudié ce sujet d'une façon approfondie et a exposé ses conceptions au dernier meeting de The Iron and Steel Institute. Il a surtout examiné l'influence des impuretés du fer commercial sur la corrosion et il considère comme impureté tout élément autre que le fer. Il accepte la théorie électrolytique de la corrosion et s'est servi de l'indicateur « ferroxyd » de Walter et Cushman pour étudier : 1° la couleur et les effets électriques entre le fer et les impuretés séparées; 2° les mêmes effets entre le fer et des pièces d'acier en communication; 3° la façon dont se comportent le fer, l'acier et les impuretés ensemble et séparément dans l'indicateur ferroxyd, les propriétés étant dans chaque cas révélées par le microscope. L'indicateur est préparé en neutralisant une solution aqueuse de gélatine par de la soude caustique et en ajoutant un peu de ferriocyanure de potassium et de phénolphthaléine.

En plaçant une plaque de fer pur et une plaque de silicate de fer (scorie) de mêmes dimensions dans l'indicateur et en les réunissant par un fil de cuivre et un galvanomètre, on voit le voltage s'établir à 8 millivolts, puis baisser peu à peu en même temps que la plaque de fer s'entoure d'un halo bleu et celle de silicate d'un cercle rouge.

Le fer est donc électro-positif par rapport à la scorie, le courant va du fer à cette dernière à travers l'électrolyte.

Le fer se dissout peu à peu et la scorie reste indemne.

Les bulles d'hydrogène formées retardent la corrosion; l'eau ajoutée l'accélère.

Si la plaque de fer, au lieu d'être lisse, est couverte de sa couche d'oxyde due au laminage, la corrosion, par rapport au silicate, est très faible. Si l'on remplace le silicate par une plaque de fer brillante, on constate qu'elle est électro-positive par rapport à la plaque oxydée et qu'elle se corrode en donnant un courant ayant un voltage de 6 millivolts. La peau de la fonte se comporte comme la couche d'oxyde précédente; une couche de peinture d'oxyde rouge également.

La scorie de puddlage ou la calamine de laminage se comportent comme le silicate précité; un sulfure de fer commercial également, de même qu'un phosphore commercial et un carbure de fer. Les ferro-alliages (ferro-silicium, ferro-aluminium, ferro-chrome, etc.), se comportent d'une façon analogue.

Le graphite permet la formation de grands halos et donne un courant de 100 millivolts; c'est pourquoi la fonte corrodée laisse un squelette de graphite.

Le coke produit une forte attaque, le charbon donne des effets moindres; les cendres bien brûlées et le bitume ne donnent rien.

Le sulfure de manganèse ne produit qu'un très faible courant (0 millivolt 1), le silicate de manganèse également; mais le manganèse métallique donne lieu à la production d'un fort courant (120 millivolts) et est électro-positif par rapport au fer.

L'action du ferro-manganèse est plus faible, mais de même sens que la précédente; c'est le manganèse qui se dissout; le fer est préservé.

En plaçant deux barres métalliques d'un même métal, soit dans l'indicateur, soit dans des solutions acides, l'auteur eut des résultats fort variables: la corrosion se fit dans un sens ou dans l'autre sans régularité et par centres de corrosion suivant les impuretés probables des barres.

L'augmentation de volume des fontes. — Cette question, déjà examinée par le professeur Carpenter, a donné lieu à un nouveau et remarquable travail de cet auteur. Il a étudié l'influence du soufre, du phosphore et du manganèse sur l'augmentation de volume de la fonte. En s'adonnant à ces recherches, M. Carpenter a eu pour but de découvrir une fonte qui, après des chauffés répétés, ne subisse que des augmentations négligeables et qu'on puisse, par suite, employer pour les fours à recuire, les cylindres, les lingotières, etc.

Il fit augmenter la teneur en phosphore d'une même fonte (tenant 3,90 à 3,98 de carbone total, 3,10 à 3,60 de graphite, 0,94 à 1,07 de Si, 0,20 à 0,25 de Mn, 0,010 à 0,015 de soufre), depuis 0,013 % de phosphore jusqu'à 0,858. L'augmentation de volume, après de 18 à 29 chauffés, passa de 16,10 % à 13,31 % avec la teneur croissante en phosphore, et l'augmentation de poids passa de 0,79 à 1,31 %. Le phosphore diminue donc l'augmentation de volume.

Après de 50 à 68 chauffés, le manganèse variant de 1,26 à 0,86 fit baisser l'accroissement de la fonte de 12,65 à 4,3. Ce sont là d'ailleurs des chiffres inférieurs aux précédents. Le manganèse diminue donc l'accroissement de volume et d'autant plus qu'il y a moins de silicium.

Les gaz dissous produisent une augmentation de 10 % environ, et plus la fonte est serrée plus leur action s'exerce énergiquement.

M. Carpenter indique que la fonte contient les éléments suivants : 1° une solution solide de siliciure de fer et probablement de siliciure de manganèse dans le fer; 2° du graphite; 3° du carbone combiné soit comme carbure de fer, soit comme carbure de manganèse, suivant la teneur présente en manganèse; 4° un eutectique phosphoreux; 5° de petites quantités de sulfure de fer ou de manganèse; 6° des gaz dissous, consistant principalement en hydrogène et en un peu d'azote.

Le n° 1 est le facteur le plus puissant de l'augmentation de la fonte; le n° 2 agit indirectement en offrant des canaux pour la pénétration des gaz dans le fer; le n° 3 n'agit pas au delà de 1,3 % sur l'augmentation de la fonte; le n° 4 la diminue; le n° 5 la retarde; le n° 6 n'exerce ses effets que sur les fontes serrées et non sur les fontes ouvertes.

Les fontes du commerce contiennent de 1 % à 3 % de silicium, et cet élément doit être considéré comme le plus influent sur l'accroissement des fontes.

Le tableau ci-dessous montre cet accroissement en fonction de la teneur en silicium :

SILICIUM %	ACCROISSEMENT approximatif %	SILICIUM %	ACCROISSEMENT approximatif %
1,00.	18,0	2,50.	31,0
1,25.	18,5	2,75.	32,5
1,50.	21,5	3,00.	34,0
1,75.	24,5	3,25.	35,5
2,00.	27,0	3,50.	37,0
2,25.	29,0		

Si la fonte contient 0,3 % de phosphore et au-dessus, sa croissance par chauffage au rouge sera de 2,5 à 4 % plus faible que dans le tableau précédent, et si elle a plus de 0,5 % de manganèse, la vitesse d'accroissement sera diminuée. Ces résultats ne sont d'ailleurs qu'approximatifs.

L'auteur a déjà indiqué que pour les fours à recuire la fonte, la fonte la plus convenable est celle qui tient 3 % de carbone et le moins d'impuretés possible. Le silicium ne doit pas excéder de 0,2 % à 0,3 %. L'accroissement de la fonte est dû au dépôt de carbone de recuit. Après de nouvelles expériences, l'auteur recommande comme fonte à moindre croissance une fonte tenant 2,50 % de carbone, de 0,5 à 0,4 de silicium et des quantités variables de manganèse; les essais de fontes de ce genre décélérent un métal peu cassant et n'ayant que de faibles variations de volume après plus de 150 chauffés; parfois même elles présentèrent des contractions au lieu de dilatations.

Une autre fonte tenant carbone : 2,600, manganèse : 1,640, silicium : 0,857, soufre : 0,01; phosphore = 0,07, diminua de 0,13 % après 150 chauffés, au lieu d'augmenter.

M. Carpenter a montré ensuite que les chauffages répétés augmentent la résistance à la traction de la fonte. D'autre part, le manganèse augmente la stabilité du carbure entre 850° et 900° C. L'influence retardatrice du manganèse sur l'expansion de la fonte et sur le dépôt du carbone de recuit de la fonte, d'autre part, se démontre par le tableau ci-après :

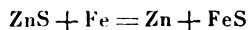
MANGANÈSE %	ACCROISSEMENT % après 151 chauffés	CARBURE DÉCOMPOSÉ % après 151 chauffés
0,510	+ 7,49 %	67,71
0,735	+ 6,06	54,26
0,935	+ 3,09	45,89
1,640	- 0,13	9,60

Enfin, M. Carpenter conclut que la fonte la plus en mesure de ne pas se déformer par les chauffés répétés et qui peut servir aux lingotières doit contenir :

C = 2,25 à 2,5 %
Si = 0,5 à 0,6 %
Mn environ 1,50 %

Un tel alliage fond à 1 350°; il se travaille bien. On peut lui ajouter du phosphore sans craindre d'augmenter l'expansion; mais on ne le recommande pas pour les lingotières destinées à la coulée de l'acier.

Four électrique pour la fusion du zinc. — Le four électrique est applicable à la fusion du zinc. On sait depuis longtemps que lorsque le sulfure de zinc et le fer métallique sont fortement chauffés, la réaction :



s'effectue, mais elle ne paraît pas être complète, à moins qu'il y ait un grand excès de fer ou que la température de la réaction soit élevée. Imbert a découvert qu'en employant des solvants convenables, les objections contre ce procédé, disparaissent. Il trouva, par exemple, que l'oxyde ferrique et le sulfure de fer mélangés ensemble, en proportions de 1 à 3, forment un bain très fluide à une température comprise 1 000° et 1 100° C, et que ce bain dissout six parties de blende. Quand la blende est dissoute dans un bain de ce genre, la réaction avec le fer s'effectue très aisément; on peut opérer à une température assez basse

et on a comme résidu deux substances : une scorie constituée par la gangue de minerai, et une masse ferreuse qui peut être utilisée pour la régénération du fer.

Un grand nombre d'essais ont été effectués avec ce procédé et ont donné des résultats très satisfaisants, mais le four était difficile à construire. Ne pouvant se servir des cornues à zinc ordinaires, on eut recours au four électrique. Le four électrique de MM. John Thomson et Fitz-Gerald est très employé en Silésie; c'est un fourneau de 150 kw qu'on utilise à Hohenlohehütte. Les parois sont doubles avec des espaces d'air. L'intérieur du four comporte des plaques formant résistance, en double rangée et alimentées par du courant à bas potentiel; les plaques ont une section décroissante depuis leur partie supérieure jusqu'à leur partie inférieure et sont serrées les unes contre les autres, de façon à former voûte et à chauffer les matières placées sur la sole du four. Les amenées de courant se font par des électrodes en charbon qui ne s'usent pas parce qu'on marche en atmosphère réductrice. Quand on chauffe jusqu'à 1 450° C, le rendement du four est de 72 %. Ce four peut servir avantageusement à fondre le cuivre, l'aluminium et de nombreux alliages. P. BREUIL.

NOTES DE CHIMIE

L'action des huiles sur les fers et aciers. — Les mesures des quantités infinitésimales. — Préparation électrique de l'eau oxygénée. — Sur les tissus artificiels ou tissus chimiques. — L'emploi de l'acide sulfureux liquide. — Caractérisation de la cyanamide. — La silicite. — Sulfate de baryum et fluorure de calcium plastiques. — Protection du ciment pour le fer.

Action des huiles sur les fers et aciers. — L'action des huiles sur le fer, pour empêcher la corrosion ou pour diminuer les frottements, est l'une de celles qui a reçu le plus grand nombre d'applications dans la technique. Des millions de tonnes d'huiles sont appliquées chaque année dans ce double but. Mais l'étude de cette action n'a inspiré qu'un nombre limité de travaux. D'après M. Friend, à qui l'on doit tant de recherches sur la corrosion du fer, voici le résumé de ce que l'on connaît à ce sujet.

Les huiles sont-elles capables de dissoudre une partie du fer? Voilà un premier point important à connaître. Si elles dissolvent du fer, les couches de peinture deviennent peu à peu des solutions saturées de composés ferriques; elles gonflent, deviennent poreuses, et ne forment plus qu'une couche protectrice inefficace. Par ailleurs, l'huile la meilleure serait celle qui dissoudrait la moindre quantité de fer.

Marcy (Engineering news, 1893, t. XXX, p. 78) a constaté qu'après dix jours d'action de l'huile sur le fer, il n'y avait aucune perte de poids du dernier. Sans doute, Watson (British Association reports, 1880) a trouvé que toutes les huiles attaquaient le fer d'une façon notable en vingt-quatre heures; M. Friend pense que les huiles expérimentées étaient impures. M. Friend (Carnegie memoir, Journal of Iron and Steel Institute, 1911) a constaté, de son côté, que des huiles parfaitement neutres, agissant sur du fer de Kahlbaum parfaitement pur, chauffées douze heures à 100°, puis refroidies, n'avaient altéré le fer que dans le cas d'une huile de lin cuite, et encore l'attaque était très faible. L'huile de lin brute, l'huile d'œillette, l'huile de bois de Chine, n'ont pas présenté d'action, même au bout de cinq mois.

Les huiles grasses non siccatives ont été également étudiées par Marcy. Elles exercent, d'après lui, une action qui, pour une durée de dix jours, est, par rapport à celle de l'huile d'olive prise comme unité, = 100, 48 pour l'huile de rorquar, 44 pour celle de pieds de bœuf, 36 pour l'huile de graines de coton, 28 pour l'huile de ricin, 20 pour l'huile de lard, 16 pour l'huile d'amandes et 0 pour l'huile de navette. Tucker (1897), dans des essais qui n'ont duré que vingt-six jours, a trouvé que l'huile de rorquar dissout 0 gr 074 de fer par litre, l'huile d'olive 0 gr 062, l'huile de lard 0 gr 007, l'huile de ricin 0 gr 024. Dans des essais faits en Amérique (Engineering and mining Journal, 1891, t. LI, p. 362), c'est le suif qui attaquait le fer davantage et l'huile de phoque le moins.

Quant aux huiles minérales, l'étude de leur action sur le fer a été bien négligée. Tucker (1897) n'a remarqué sur le fer aucun effet

tangible, après une exposition de vingt-six heures à l'action d'une huile pour cylindres de densité 0,921 et d'une huile de graissage de densité 0,915. D. Holde (Mitteilungen aus dem königlichen technischen Verchusanstalten, 1895, t. XIII, p. 174) a étudié diverses huiles à graissage, et il donne le premier rang à une huile légère; mais une même huile possède une action très variable selon les circonstances.

Les mesures des quantités infinitésimales. — Les mesures des quantités infinitésimales ont atteint une limite inattendue, dans les travaux de Sir William Ramsay sur les gaz rares de l'atmosphère (Conférence du 10 avril 1911 à la Société française de physique). La technique de ces mesures est curieuse. Pour déterminer la densité des gaz dont on possède des volumes suffisants, remarque sir W. Ramsay, on se sert de ballons d'une contenance de 20 litres. Mais lorsque la détermination porte sur des volumes de 200 cm³, comme c'était le cas pour l'argon, de 32 cm³ pour le néon, ou même de 6 millièmes de cm³, en tube capillaire, pour la détermination des volumes spécifiques du crypton et du xénon liquides, il a fallu faire appel à des moyens nouveaux de mesure. Même avec un demi-gramme de bromure de radium, la quantité totale de l'émanation du radium est de l'ordre de 0 mm³ 1. Par l'emploi d'une balance spéciale, inventée par Steele et construite par Whytlaw-Gray, sir W. Ramsay est arrivé à peser le 3.10⁻⁹ ou le 3 milliardième de milligramme, ce qui est un beau succès.

Par l'électroscope, dit-il, on arrive même à déceler le 10⁻¹⁸ ou 0 gr 000 000 000 001; et les savants, qui font des recherches sur le contenu des roches en radium, distinguent avec confiance entre des échantillons renfermant 230 et ceux renfermant 240 multiplié par 10⁻¹² gramme par gramme de minerai.

Comment peser une émanation dont le grand savant anglais ne pouvait posséder plus d'un dixième de millimètre cube? Sans entrer dans les détails extrêmement délicats d'une technique aussi extraordinaire, bornons-nous à dire que sir Ramsay a substitué, à l'évaluation des poids, celle des pressions nécessaires pour ramener l'équilibre des deux bras de la balance renfermée dans une boîte fermée.

Préparation électrique de l'eau oxygénée. — Lorsqu'on veut obtenir de l'eau oxygénée concentrée, on est obligé d'éloigner le plus possible toutes les impuretés, soit des matières premières, soit du produit brut. *A priori*, il semble donc qu'un moyen meilleur serait de produire l'eau oxygénée par union directe de ses éléments sous l'action de l'étincelle électrique. De cette union, le Dictionnaire de Wurtz ne dit pas un mot. Elle vient cependant de donner lieu à la prise d'un brevet de perfectionnement. Le procédé repose sur l'action des décharges silencieuses d'un courant alternatif puissant. L'idée semble mériter attention.

Sur les tissus artificiels ou tissus chimiques. — L'idée d'utiliser les compositions plastiques, qui servent à fabriquer des fils artificiels, pour fabriquer des tissus artificiels devait venir à son heure;

elle est venue, et, sans prétendre à tuer l'industrie du tissage, pas plus que l'industrie de la soie artificielle n'a tué les industries des soies naturelles, elle peut espérer un bel avenir dans une sphère d'applications spéciales.

MM. *Ratignier et Pervilhac*, de Lyon, obtiennent ainsi des tulles artificiels en se servant du précipité obtenu par la solution de cellulose dans l'oxyde de cuivre ammoniacal. Le réseau constituant le tulle est moulé à l'aide d'un rouleau gravé.

Le brevet (n° 393412, du 25 octobre 1908) a pour principal objet le moulage de motifs ornementaux ou de réseaux pour décorer des tissus. Si le réseau, au lieu d'être appliqué sur un tissu comme motif d'ornementation, est repris et isolé, à l'aide d'une chaîne sans fin qui lui sert de support, on obtient un tissu artificiel fabriqué d'une pièce. Le tulle chimique ainsi fabriqué a déjà trouvé son emploi pour les fournitures de modes fortement apprêtées et pour les tentures intérieures, où il échappe aisément aux actions hygroscopiques et déformantes.

L'emploi de l'acide sulfureux liquide. — Nous signalons une communication nouvelle de M. *René Bouchon*, au Congrès de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie. On y trouvera un exposé développé des principales propriétés de l'acide sulfureux liquéfié; des réservoirs divers, mobiles ou fixes; des modes de transvasement; des méthodes d'emploi, ainsi que des avantages et des prix de revient dans l'industrie sucrière.

L'anhydride sulfureux liquéfié bout à -10° à la pression ordinaire. Les pressions correspondant aux températures de 0° , 10° , 20° , 30° , 40° sont : 1 atm. 53, 2 atm. 26, 3 atm. 24, 4 atm. 12, 6 atm. 15. La température critique est 155° , à une pression voisine de 78 atmosphères.

1 litre d'anhydride gazeux pèse 2 g 87; 1 kg d'anhydride liquéfié fournit 348 litres de gaz. La vaporisation du liquide se fait en produisant un abaissement de température très grand.

L'acide sulfureux liquide est livré en tubes d'acier, contenant 100 kgs d'acide; ils portent une tubulure de vidange commandée par un robinet à pointeau que protège un chapeau en tôle.

Il est livré aussi en réservoirs, d'une contenance de 3300 kgs; un wagon dont la tare est de 11 t peut en transporter trois. Ces réservoirs sont en acier forgé; ils doivent être soudés par recouvrement, et non pas rivés. Ils sont protégés par une enveloppe de bois.

Les tubes et les réservoirs doivent être éprouvés à la pression de 30 kgs.

L'action de l'acide sulfureux sur le fer est un point important à connaître, par rapport aux réservoirs. Les facteurs de cette action sont la quantité d'eau et la température. Il se formerait un mélange de sels ferreux et de sels ferriques. L'attaque diminuerait peu à peu.

Le grand avantage de l'emploi de l'acide sulfureux liquide en sucrerie est que le gaz qui en provient renferme toujours moins de 1 % d'acide sulfurique, lequel détruit du sucre, tandis que le gaz provenant d'un four à soufre en renferme 26 %.

Par réservoirs, l'acide sulfureux liquide se vend de 19 fr à 22 fr les 100 kg.

Caractérisation de la cyanamide. — L'introduction de la cyanamide ou chaux azotée dans certains mélanges d'engrais rend utiles les moyens de l'y caractériser qualitativement et quantitativement.

Qualitativement, les caractères suivants pourront servir à caractériser la cyanamide :

1° Son odeur alliée, due à l'action de la vapeur d'eau atmosphérique sur les traces de carbure de calcium qu'elle renferme. Cette odeur est souvent accompagnée de celle de l'huile de houille dont on se sert pour rendre le produit moins poussiéreux et faciliter son épandage;

2° Une réaction fortement alcaline;

3° Un abondant résidu noir, après traitement à l'eau;

4° Des cendres abondantes et riches en chaux;

5° Un précipité jaune par le nitrate d'argent, précipité soluble dans l'acide nitrique mais insoluble dans l'ammoniaque; souvent il est noirci par de l'acétylure d'argent, insoluble dans l'acide nitrique.

Comme la cyanamide donne autant d'azote par la chaux sodée que par le procédé Kjeldahl, M. L. *Vuaflart*, directeur de la Station agronomique d'Arras, propose (Annales des falsifications, juin 1911) de la séparer à l'état de composé argentique, et d'y doser l'argent à l'aide du sulfo-cyanure d'ammonium.

La silicite. — La silicite est un produit breveté par MM. *Surmont et Montcool* pour dallages agglomérés; il est formé d'un mélange de silice et de liège agglomérés à l'aide d'une solution de chlorure de magnésium à 22° B. La pâte est étendue avec une truelle sur une épaisseur de 1 cm; elle fait prise en deux jours; elle revient, par mètre carré, à 9 fr; à 13 fr, si on lui ajoute du carborundum, lorsqu'on veut la rendre particulièrement résistante à l'usure.

Le parquet ainsi constitué est, d'après la Revue du génie militaire (juin 1911), mauvais conducteur de la chaleur et de l'électricité, léger, élastique, imperméable. Le liège, quand il entre dans la composition du produit, est employé sous la forme impalpable dénommée dans le commerce « liège à moutarde ». Le dallage ainsi constitué ne gonfle pas sous l'influence de l'humidité; un sol d'atelier en silicite, sur plancher de madriers non jointifs, a supérieurement résisté à un séjour sous l'eau de plusieurs semaines, lors des inondations de 1910, à Paris.

La surface de ce dallage est susceptible d'un très beau poli; on peut le compléter par un encaustiquage. On lui donne les teintes désirées en y incorporant des poudres colorantes; on l'a ainsi utilisé dans les cabines de luxe de grands paquebots.

L'application est possible sur toute espèce d'aire, plancher, carrelage, béton. Lorsqu'il s'agit de réparer des parquets usés, on enrobe dans la silicite un treillis métallique fixé au plancher par des clous à bateau.

Les parquets de certaines voitures du Métropolitain sont en silicite au carborundum, supportée par de la tôle ondulée.

Les dallages en silicite diffèrent des aires en porphyrolithe, xylolithe et produits analogues, par leur composition dans laquelle le caoutchouc ou le liège en poudre impalpable remplacent la sciure de bois, et par leur application qui se fait en une seule couche.

Sulfate de baryum et fluorure de calcium plastiques. — Le sulfate de baryum, dit le Dr *Albert Atterberg* (Zeitschrift für angewandte Chemie, 1911, p. 928), peut être obtenu à l'état plastique. La plasticité des argiles dépend de leur proportion d'eau. La proportion d'eau qui répond à la plasticité du sulfate de baryum est de 14 à 20 parties d'eau pour 100 parties de sulfate de baryum ordinaire obtenu par voie de précipitation.

Le Dr *Robert Cohn* remarque que le fluorure de calcium, lui aussi, fournit une masse plastique, par addition de 20 % à 25 % d'eau; à 30 %, la masse devient fluide.

Protection du ciment pour le fer. — On a démolé à Hambourg un gazomètre construit en 1852-55 et dont les ancrages en fer (de 5 cm sur 5 cm) avaient été enrobés dans une gaine de ciment coulé de 2 cm d'épaisseur. Les soixante barres de 2^m,50 de longueur, ainsi enrobées dans le ciment, s'étaient conservées, au point qu'elles montraient encore très bien la pellicule bleuâtre du laminage et qu'elles ne présentaient aucune trace de rouille. J. GARÇON.

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

CHIMIE

Détermination rapide du soufre dans le gaz d'éclairage. — Les produits de la combustion traversent une solution de carbonate d'ammonium; il y a formation d'hexaméthylène-tétramine, l'acide mis en liberté est titré par la potasse en employant comme indicateur la phénolphthaleïne.

(Communication de M. H. *Blair* à la Society of Chemical Industry, Newcastle, 16 mars 1911.)

L'accident du gazomètre de 200 000 m³ de Hambourg. — L'effondrement et l'incendie du gazomètre de 200 000 m³ de Hambourg, survenus le 7 décembre 1909, c'est-à-dire deux mois après l'achèvement de l'appareil, sont le résultat d'erreurs de calcul et de l'emploi de coefficients de sécurité tout à fait insuffisants. Le pilier central supportait, en particulier, des charges beaucoup trop fortes. On sait que, dans le calcul des résistances à la compression, d'après la formule d'Euler (qui avait été employée pour la construction du gazomètre), les poids que peut supporter une colonne, varient, entre

autres conditions, suivant que les extrémités des pièces qu'elle soutient sont encastrées ou non. Or, dans le gazomètre de Hambourg, les barres de liaison du pilier central aux poutres radiales, assemblées à ce pilier, par rivetage, de façon trop précaire pour les charges mises en jeu, avaient été considérées comme encastrées alors qu'elles auraient dû être considérées comme non encastrées.

(Communication de M. Bonnet au XXXVIII^e Congrès de la Société technique du gaz., Marseille, 22-25 mai 1911.)

La distillation de la boue sèche des eaux d'égout en vue de la fabrication du gaz d'éclairage. — L'industrie gazière peut apporter un concours actif à l'assainissement des villes. Dans les grands centres, la purification ou l'élimination des eaux résiduaires est extrêmement onéreuse. Aussi à Brünn, en Autriche, la municipalité a-t-elle décidé de procéder à la filtration des eaux d'égout et à la distillation des boues en vue de la fabrication du gaz d'éclairage. Des analyses faites entre 1906 et 1909, il résulte qu'à Brünn 1 m³ d'eau d'égout contient en moyenne 1 666,4 gr de substances solides.

On sèche les boues au moyen d'une machine à tambour formé de cellules filtrantes. Ce tambour tourne dans une auge contenant de la boue liquide. On aspire celle-ci par le vide contre la partie filtrante.

La boue sèche est ensuite distillée. Après distillation et purification complètes, on a pu obtenir 23m³,8 de gaz pour 100 kg de boue. Le gaz de boue sèche a un pouvoir calorifique au moins égal à celui du gaz de houille et d'un pouvoir éclairant supérieur.

(Communication de MM. A. Bayer et L. Fabre, au XXXVIII^e Congrès de la Société technique du gaz, Marseille, 22-25 mai 1911.)

Blanchiment des tissus. — On constate quelquefois, après le blanchiment des tissus, la présence de petits grains noirs parmi les fils. Ces grains sont constitués par du cuivre métallique introduit par les huiles lubrifiantes des machines à tisser.

(Communication de M. J.-F. Briggs à la Society of Chemical Industry, Manchester, 10 mars 1911.)

Nouvelle méthode d'impression des couleurs au soufre. — Le sulfure de sodium mélangé en solution aqueuse avec de la formaldéhyde donne un précipité blanc. Le glucose empêche la formation de ce précipité.

Des couleurs au soufre additionnées de sulfure de sodium, formaldéhyde et glucose n'attaquent pas les rouleaux et se développent par vaporisation de 2^o. L'addition d'hydrosulfite-formaldéhyde a une action favorable sur l'intensité de la couleur obtenue.

(Communication de M. C. Favre, Société industrielle de Mulhouse, 7 juin 1911.)

Réserve grasse pour la teinture de la soie. Emploi du tétrachlorure de carbone pour le dégraissage. — La benzine employée dans l'ancien procédé est remplacée par le tétrachlorure de carbone.

(Communication de M. J. Dépierre, Société industrielle de Mulhouse, 7 juin 1911.)

Enlèvement blanc au lactate stannique sur mordant de chrome destiné à la teinture. — L'auteur se sert, soit du mordant de chrome alcalin d'Horace Kœchlin, soit de son mordant au sous-sulfate de chrome obtenu par réduction du bichromate au moyen de l'acide sulfureux.

L'enlèvement se fait par l'impression de lactate stannique suivi d'un vaporisation.

(Communication de M. Albert Scheurer, Société industrielle de Mulhouse, 7 juin 1911.)

Crépon par impression de soude caustique sur noir uni. Moyen d'éviter le virage produit par l'alcali. — L'auteur a constaté que les parties du tissu qui ont été soumises à l'impression de soude caustique sont d'un noir plus profond que les parties voisines dont la nuance est poussée au grisâtre; il a, par suite, imaginé de remonter le noir uni en couleur basique pour en augmenter l'intensité. La soude détruit localement ce remontage et la différence entre le noir tel quel et le noir crépé disparaît.

(Communication de M. E. Justin-Mueller, Société industrielle de Mulhouse, 7 juin 1911.)

Action des rayons ultra-violet sur l'acide lactique. — 1^o 15 g d'acide lactique pur, exposés sur le mercure à 2 cm de la source de rayons ultra-violet (lampe de quartz à vapeur de mercure, de 110 volts, consommant 3,5 ampères et donnant un arc de 8 cm de

long) durant seize heures, et ensuite à 5 cm durant dix-neuf heures, ont dégagé 22 cm³ de gaz (ramenés à 0°), qui sont formés de 88 % d'acide carbonique et 7 % d'oxyde de carbone.

2^o 11 cm³ d'une solution aqueuse d'acide lactique à 50 % ont donné, après une action de cinquante heures, à une distance de 3 cm, 24 cm³ de gaz, dont 90 % d'acide carbonique.

3^o 11 cm³ de la solution précédente en présence de 0 gr 017 de nitrate d'urane ont dégagé, après quarante heures, à une distance de 3 cm, 24 cm³ de gaz, dont 90 % d'acide carbonique.

Dans aucune des expériences, il ne s'est formé d'oxygène. Les rayons ultra-violet font subir à l'acide lactique d'autres modifications plus ou moins complexes, qui prouvent l'action profonde de la lumière ultra-violette sur le molécule du corps.

(Note de M. Marc Landau, présentée par M. A. Dastre à l'Ac. des Sciences, le 15 mai 1911.)

Action des rayons ultra-violet sur les gousses vertes de vanille.

— Fraîches, les gousses de vanille ne sont pas odorantes. Exposées aux rayons ultra-violet, elles donnent l'odeur de vanille, même si les gousses considérées sont complètement vertes. Les durées d'exposition, pour percevoir l'odeur, varient avec l'état de maturité de la gousse et la distance au brûleur. Pendant les expériences, on voit perler sur les gousses quelques gouttelettes d'un liquide incolore.

Si on trempe le pédoncule de la gousse dans une solution de chlorure de manganèse au 1/1 000, la durée d'exposition aux rayons ultra-violet se trouve diminuée d'un quart environ et l'odeur paraît plus intense.

Les rayons ultra-violet provoquent donc, comme les anesthésiques, le dégagement de l'odeur de vanille dans les gousses fraîches; ils le provoquent même dans les gousses complètement vertes. Les sels de manganèse accélèrent cette action.

(Note de M. Jean Pouget, présentée par M. Guignard à l'Ac. des Sciences, le 1^{er} mai 1911.)

ELECTRICITÉ

Résistances ohmiques pour les parafoudres (système Multiplex).

— Ces résistances forment une sorte de colonne constituée par un certain nombre de rondelles en matière résistante, enserrées entre deux plaques métalliques par l'intermédiaire de deux ressorts placés en dehors du circuit du courant. On règle la résistance totale en choisissant le nombre des éléments et la valeur ohmique de chacun.

(Communication de M. G. Gola, Atti della Associazione Elettrotecnica Italiana, mai 1911.)

Conditions affectant le fonctionnement des batteries. — L'auteur fait ressortir l'influence des décharges trop rapides sur la capacité en ampères-heures et sur la tension aux bornes des batteries. Il étudie les méthodes d'uniformisation de la décharge au moyen d'éléments auxiliaires et de survoltages dévoltages. Il examine l'emploi des batteries dans les installations à courant alternatif à haute tension, moyennant l'utilisation de rectificateurs, et envisage notamment la possibilité de cette application lorsqu'une puissance importante est nécessaire.

(Communication présentée par M. A. M. Taylor à l'Institution of Electrical Engineers, avril 1911.)

Sur un moyen de supprimer les troubles causés aux lignes télégraphiques par les lignes d'énergie. — Les courants alternatifs industriels engendrent fréquemment, dans les lignes télégraphiques, des courants perturbateurs suffisants pour troubler profondément le service. Pour les supprimer, on est parfois obligé de recourir au doublement des lignes, opération coûteuse. Au lieu de cela, il est avantageux de recourir au procédé étudié par M. Girousse, ingénieur des télégraphes : on utilise des récepteurs différentiels; un des enroulements est monté en série avec une capacité C et une self L, calculée de façon à se réduire à une résistance purement ohmique pour le courant perturbateur envisagé, de pulsation ω :

$$LC\omega^2 = 1.$$

L'autre enroulement est monté en série avec une résistance R égale à celle de la bobine de self L. Dans ces conditions, le courant per-

turbateur se partage également entre les deux circuits, connectés de façon que leurs actions sur les noyaux de l'électro-aimant se neutralisent.

Pour que ce dispositif fonctionne bien, il faut employer des bobines de self sans fer : la présence du fer ferait dépendre la valeur de la self de l'intensité du courant perturbateur et, par suite, l'équilibre ne pourrait plus être obtenu. D'autre part, pour que les signaux ne collent pas, il faut donner à la capacité C une valeur aussi faible que possible : on diminue ainsi l'intensité du courant nuisible provoqué par la décharge du condensateur dans le circuit formé par les deux enroulements de l'électro, la bobine L et la résistance R.

Le dispositif a été expérimenté. Le courant perturbateur était celui du secteur de la Rive gauche, à 42 périodes. On a obtenu de bons résultats avec une capacité de 1,45 microfarad et une self de 10 henrys. Il a été possible de soustraire un Hughes ou un Morse à l'action d'un courant perturbateur de 10 milliampères ; on a même pu soustraire un relais Baudot à l'action d'un courant perturbateur d'une intensité efficace de 50 milliampères, l'intensité du courant de travail étant de 5 milliampères seulement. Dans ce dernier cas, le réglage devait être obtenu à 1 % près, tandis que, dans le cas du Hughes ou du Morse, un réglage à 10 % suffisait.

(Note de M. Grousse, présentée par M. Lippmann à l'Ac. des Sciences, 10 juillet 1911.)

Résistance offerte par un conducteur aux courants de haute fréquence. — Des expériences nombreuses ont montré que si deux conducteurs rectilignes identiques sont traversés l'un par un courant continu d'intensité I, l'autre par un courant de haute fréquence d'intensité I', ces intensités étant telles que l'échauffement des deux fils soit identique, ils se comportent comme s'ils offraient respectivement des résistances R et R' telles que l'on ait :

$$RI^2 = R'I'^2$$

ou

$$\frac{R'}{R} = \frac{I^2}{I'^2}$$

Grâce à l'emploi d'un thermomètre à air, la mesure des résistances offertes aux courants de haute fréquence se ramènera donc à des mesures d'intensité de courant.

Il suffira, en effet, de faire varier l'intensité I jusqu'à ce que l'échauffement des deux fils soit le même. On mesurera alors I' et, connaissant R, on déduira R'.

Remarque. — La résistance R' offerte aux courants de haute fréquence, par le même fil enroulé en spirale, est plus grande que celle R' qu'il aurait s'il était rectiligne et traversé par le même courant. $\frac{R'}{R}$ est plus grand que $\frac{R'}{R}$ d'environ 50 % à 80 %.

(Communication faite par le professeur Fleming à la Physical Society of London.)

Sur les irrégularités du potentiel disruptif. — Les expériences qui ont été faites sur les irrégularités du potentiel disruptif montrent que :

1° Dans l'air, les irrégularités subsistent malgré toutes les précautions prises (constance de température, d'état hygrométrique, etc.) ; elles sont fonction du temps qui s'écoule entre deux étincelles, plus nombreuses pour une charge rapide que pour une charge lente ;
2° Dans l'huile, le pétrole, la paraffine, etc., les irrégularités sont, au contraire, plus nombreuses pour une charge lente que pour une charge brusque.

Les limiteurs à intervalles multiples fonctionneront donc avec plus de régularité dans l'huile que dans l'air, du moins pour les charges brusques, c'est-à-dire précisément pour celles auxquelles ils doivent parer.

(Note de M. André Léauté, présentée par M. H. Poincaré à l'Ac. des Sciences, 29 mai 1911.)

MÉTALLURGIE

La commande électrique des petits laminoirs. — Le problème de l'application de la commande électrique aux petits laminoirs est plus simple, au point de vue technique, que pour les grands laminoirs réversibles, mais l'avantage de l'électricité n'y est pas aussi marqué.

L'utilité et l'économie de l'électrification dépendent des circonstances dans lesquelles le laminoir fonctionne et aussi des conditions

du reste de l'installation. On admet généralement que l'électrification d'un laminoir en augmente la production, parce que la plus grande uniformité du couple diminue l'échauffement des paliers, évite les ruptures de couplage, etc., et aussi parce que la vitesse, plus uniforme, atteint une valeur moyenne supérieure.

Pour ces deux raisons, également, les produits fabriqués sont de qualité meilleure.

Si l'on considère une installation ancienne pour barres carrées et rondes de 2 m 4 et de 3 m, et où les laminoirs sont actionnés par des machines à pistons compound, échappant à l'air, on peut évaluer, que, tous frais d'amortissement, de salaire, de combustibles, etc., compris, le coût du laminage est d'au moins 1 fr 41 par tonne, pour une production journalière de 30 000 t, et de 2 fr pour une production de 15 000 t.

Si l'on peut acheter le courant à une compagnie au prix de 0 fr 04 au kilowatt-heure, les prix précédents seront réduits, grâce à l'électrification, à 1 fr 25 et à 1 fr 94, au moins, et sans tenir compte du bénéfice obtenu par le fait des avantages énumérés ci-dessus.

Une autre solution intéressante et d'une grande importance est l'emploi de turbines à basse pression utilisant la vapeur produite au moyen de l'énergie calorifique perdue des fours de puddlage. Cette application est extrêmement avantageuse.

La combinaison la plus favorable consiste à employer la turbine pour actionner deux génératrices électriques, l'une à courant continu, pour les laminoirs, l'autre à courants triphasés, pour les machines auxiliaires.

La turbine à vapeur se prête admirablement à cette application, grâce à ses aptitudes exceptionnelles de réglage et de surcharge, les chaudières agissant alors comme compensateur ou volant des fluctuations (1).

Le nombre de laminoirs anglais équipés électriquement est d'une cinquantaine.

(Communication de MM. G. J. Hooghwinkel et F. Thursfield, Staffordshire Iron and Steel Institute, juin 1911.)

MINES

Application des moteurs à induction à l'actionnement des machines d'extraction. — Afin d'éviter les pertes auxquelles donne lieu la régulation rhéostatique des moteurs à induction et à raison des difficultés dues aux relations entre le couple, la vitesse et la résistance dans les circuits rotoriques, on emploie généralement pour l'actionnement des machines d'extraction, même sur les réseaux triphasés, le procédé de commande Ward Léonard avec moteur à courant continu.

Les avantages essentiels de ce procédé sont la facilité des manœuvres et l'économie du fonctionnement, celle-ci due principalement à la possibilité de récupérer de l'énergie dans les descentes.

L'auteur a cherché à améliorer la régulation des moteurs triphasés à induction. Le contrôle rhéostatique est, d'après lui, moins coûteux qu'on le prétend généralement et, en employant, comme indicateur de couple, un ampèremètre spécial, à double enroulement, montrant également le sens de la marche, le contrôle des machines devient aussi simple que dans une installation Ward Léonard.

Le rendement n'est jamais aussi bon, mais les dépenses supplémentaires d'énergie sont généralement négligeables, en regard de l'économie de frais d'installation que l'on réalise en appliquant la commande directe par moteur à induction, sans conversion de courant.

Il reste, toutefois, certains inconvénients dus à la répercussion des fluctuations de la charge sur le réseau d'alimentation. La simplification des méthodes de commande aurait néanmoins un intérêt considérable pour l'équipement des petites machines ; il y a beaucoup d'installations où l'on pourrait introduire l'actionnement électrique s'il était possible de l'appliquer par des méthodes plus simples que le système Ward Léonard.

(Communication de M. H. J. S. Heather à l'Institution of Electrical Engineers, Londres, 11 mai 1911.)

Ventilateurs de mines. — Il existe des ventilateurs dont la puissance absorbée ne varie pas, ou même diminue lorsque l'orifice équivalent augmente : ce sont les ventilateurs hélicoïdes.

Ces appareils, encore peu répandus dans les grandes installations de mines de houille, ont reçu durant ces dernières années des applications

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 7, p. 416 et 420 ; n° 9, p. 513 ; t. III (1911), n° 5, p. 297.

importantes dans les mines de fer de l'Est de la France, où ils ont permis de résoudre, du premier coup, l'aérage par ventilateurs électriques dans des cas où l'orifice équivalent était totalement inconnu. Dans certains cas, les ventilateurs hélicoïdes ont permis de réaliser des économies considérables de puissance en remplaçant des ventilateurs centrifuges choisis, au début, par analogie avec ceux des mines de charbon. Une mine du bassin de Briey avait installé, à l'origine, un ventilateur de 1^m,850 correspondant à un orifice équivalent de 1^m,50. Récemment, on a constaté que l'orifice équivalent de la mine était de 3^m,65, ce qui correspondait à une dépense de 70 chevaux pour le ventilateur. Le ventilateur centrifuge a été remplacé par un ventilateur hélicoïde électrique installé au fond, de 2 m de diamètre, qui absorbe seulement 30 chevaux pour donner le même résultat et dont le prix a été amorti en six mois, uniquement par l'économie de force motrice.

L'étude des ventilateurs hélicoïdes montre :

1° Qu'ils sont capables d'un débit considérable avec des dimensions très faibles ;

2° Que ces appareils sont susceptibles, sans construction spéciale, de créer des pressions moyennes suffisantes pour beaucoup de cas ;

3° Que la puissance absorbée par le ventilateur à vitesse constante décroît à mesure que l'orifice équivalent augmente ;

4° Que le rendement mécanique, sans être tout à fait égal à celui de bons ventilateurs centrifuges, conserve cependant une valeur appréciable.

On peut ajouter que le prix des ventilateurs hélicoïdes est très inférieur à celui des ventilateurs centrifuges et que leur installation est beaucoup plus simple.

Ils conviennent particulièrement pour les installations en fond et, à cause de leurs vitesses de rotation relativement grande, ils se prêtent très facilement à la commande par moteurs électriques.

(Communication de M. A. Laponche à la Société de l'Industrie minière, mai 1911.)

PHYSIQUE

Formule donnant la pression de la vapeur d'eau saturée en fonction de sa température. — Pendant longtemps, il y a eu une grande incertitude lorsqu'il s'agissait de déterminer la pression de la vapeur d'eau saturée en fonction de sa température, incertitude résultant de la divergence des résultats d'expériences de nombreux opérateurs.

MM. Holborn et Bauman semblent, dans un grand nombre d'expériences conduites d'une façon remarquable, avoir tranché la difficulté. Ils déterminèrent de nombreux chiffres entre les températures de 0° C et 374° C (température critique).

Les résultats obtenus peuvent se représenter par la formule suivante :

$$(1) \log \frac{p_c}{p} = \left\{ 3,006854 \left(\frac{T_c}{T} - 1 \right) \left[1 + 0,0505476 \frac{T}{T_c} \right] + 0,629547 \left(\frac{T}{T_c} - 0,7875 \right)^2 \right\}$$

p et T désignant les pressions et températures, p_c et T_c les pressions et températures critiques. Ou en remplaçant les constantes critiques par leur valeur :

$$(2) \log p = \left\{ 10,515354 - 4873,71 T^{-1} - 0,00405096 T + 0,000001392964 T^{-2} \right\}$$

Les pressions calculées par cette formule diffèrent au plus de 1/10 à 1/100 des chiffres obtenus expérimentalement dans l'intervalle de 100° C à 374° C. Au-dessous de 100° C, la différence maximum est de 0,196 % à 10° C, correspondant à une différence de pression de 0,00035 livre par pouce carré (*).

(Note de M. Lionel S. Marks, lue à The American Society of Mechanical Engineers, mai 1911.)

Comparaison des combustibles. — On peut employer la méthode suivante pour déterminer la valeur exacte d'un combustible, d'après son analyse chimique et son pouvoir calorifique.

Le tableau ci-après donne en 1/100 de dollar (environ 0 fr. 052)

les différentes sommes à ajouter au prix d'achat d'un combustible pour chaque 1/100 d'humidité, soufre, cendres, afin d'obtenir la valeur vraie du combustible idéal ne contenant aucune de ces impuretés.

Ces sommes varient avec le prix de vente des combustibles nous ; les donnons pour des prix de vente de 1, 2, 3, 4 dollars (environ 5 fr. 20 ; 10 fr. 40 ; 15 fr. 60 ; 20 fr. 80) par tonne.

	PRIX DU COMBUSTIBLE en dollars (*)				REMARQUES
	1 (*)	2	3	4	
	cents	cents	cents	cents	
Humidité	2,50	3,75	5,00	6,25	1 % de combustible évapore 4 % d'eau.
Soufre	5,50	7,50	9,50	11,50	1 % de S coûte 1 % de houille, 1/2 % de S est volatil.
Cendres	3,00	4,00	5,00	6,00	

Voici comment on peut appliquer cette méthode. Considérons une houille type vendue 3 dollars (environ 15 fr. 60) par tonne contenant : humidité, 1,5 % ; soufre, 1 % ; cendres, 6 % , et donnant 7 000 calories par tonne.

Il faut, pour obtenir la valeur du combustible idéal, ajouter aux 3 dollars :

	DOLLARS	FRANCS
Humidité 1,5 %	0,075	environ 0,39
Cendres 6 %	0,300	— 1,56
Soufre 1 %	0,095	— 0,49
	0,470	environ 2,44

soit 30 dollars (env. 155 fr 40).

Le prix de revient de la calorie sera avec ce combustible : 3,47 : 7 000 = 0 cent 049 (0 fr. 0025).

Comparons-lui une houille contenant : humidité, 2 % ; cendres, 7 % ; soufre, 1,5 % , donnant 6 750 calories par tonne. Si elle était vendue 3 dollars (environ 15 fr. 60), cela correspondrait à un prix de 3 dollars 59 (environ 18 fr. 66) pour le combustible idéal, soit 0 cent 053 (0 fr. 00275) par calorie.

La différence 0,053 — 0,049 = 0 cent 004 (0 fr. 00025) représente la différence du prix de revient de la calorie.

L'augmentation que subira ce combustible sera de $0,004 \times 6\,750 = 27$ cents, soit 0 dollar 27 (environ 1 fr. 40), ce qui conduit à payer cette houille 3 — 0,27 = 2 dollars 757 (environ 14 fr. 34) au lieu de 3 dollars (environ 15 fr. 60).

(Rapport lu par M. H. K. Meyers au meeting d'hiver (1910) du Coal Mining Institute of America.)

Photomètre pratique pour le contrôle du pouvoir lumineux des becs servant à l'éclairage public ou privé. — Ce photomètre consiste en deux prismes de verre fumé, associés à des prismes de verre ordinaire de manière à constituer ensemble deux lames à faces parallèles, que l'on peut faire glisser l'une devant l'autre horizontalement et en sens inverse, par crémaillère et pignon denté. Le système constitue un milieu absorbant, dont l'épaisseur est susceptible de varier, depuis une valeur à peu près nulle jusqu'à une valeur suffisante pour empêcher de percevoir des caractères typographiques tracés sur verre noirci et éclairés, par transparence, au moyen de la source dont il s'agit de contrôler le pouvoir lumineux.

Pour réaliser une mesure, on vise la source lumineuse (placée à une distance déterminée et constante de l'observateur) à travers le photomètre. On réduit l'épaisseur des prismes fumés et on fait coulisser le tube qui porte les caractères typographiques jusqu'à ce qu'on voie ceux-ci nettement, puis on augmente progressivement l'épaisseur de verre absorbant jusqu'à ce que l'intensité lumineuse soit devenue trop faible pour qu'on puisse distinguer encore les lettres.

Une lecture faite sur une échelle graduée fait connaître le pouvoir éclairant de la source soumise à l'essai.

(Note de M. Henri Malosse, présentée par M. Armand Gautier à l'Académie des Sciences, 19 juin 1911.)

(1) La livre anglaise vaut 450 gr et le pouce carré anglais, $\frac{100}{16}$ cm².

(1) Le dollar vaut 5 fr. 18.

(2) Le cent vaut 0 fr. 052.

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

ENSEIGNEMENT

Le Congrès de l'apprentissage de Roubaix de 1911.

Les lecteurs de *La Technique Moderne* connaissent la situation critique de l'apprentissage industriel en France. Au mois de février 1910, M. le sénateur Astier, dans la remarquable conférence qu'il leur a faite à l'Hôtel des Sociétés Savantes (1), a exposé la décroissance alarmante que l'apprentissage subit dans notre pays et indiqué comment le projet de loi sur l'enseignement technique se propose de conjurer le péril; d'autres articles, notamment celui de M. Bertin sur la crise de l'apprentissage (2), ont montré les causes multiples du mal et discuté les solutions préconisées pour y remédier; de plus, dans une étude approfondie sur les cours de perfectionnement en Allemagne (3), M. le député Dron et M. l'inspecteur général Labbé ont fait connaître les efforts réalisés par nos voisins pour développer l'instruction professionnelle de leurs ouvriers.

Enfin de nombreux comptes rendus ont été consacrés aux Congrès qui se sont préoccupés de la question. Ces Congrès ont reconnu comme nécessaire la réorganisation générale de l'apprentissage; mais chacun d'eux, suivant les groupements professionnels d'où il émanait, et suivant les opinions qu'il représentait, a fourni des solutions particulières. En réunissant celles-ci on constate qu'elles présentent assez de points communs pour qu'une entente générale semble possible.

Cette entente, il est désirable de la réaliser, ou tout au moins de la préparer avant la discussion du projet de loi, qu'il faut souhaiter prochaine: c'est le but que s'est proposé l'Association française pour le développement de l'enseignement technique en organisant le Congrès qui aura lieu à Roubaix les 2, 3, 4 et 5 octobre prochain, au cours de l'Exposition internationale du Nord de la France.

Pour que cette consultation ait l'ampleur convenable, il fallait d'une part grouper toutes les professions industrielles et d'autre part, demander aux patrons et aux ouvriers, qui sont les uns et les autres également intéressés à la prospérité de l'industrie nationale, leur collaboration effective.

C'est avec ce programme que l'Association s'est mise à l'œuvre, et, grâce aux concours financiers du ministère du Commerce, des villes de Roubaix et de Paris, des Conseils généraux du Nord et de la Seine, elle a pu en poursuivre l'exécution.

Le Comité de patronage réunit d'éminentes personnalités et des représentants des plus importants groupements patronaux et ouvriers. De son côté, la Commission d'organisation plus spécialement chargée de préparer les rapports devant servir de base aux discussions du Congrès comprend de nombreux membres qui peuvent activement collaborer à l'étude du problème de la réorganisation de l'apprentissage.

Ce problème est des plus complexes; telle solution qui convient à certaines professions serait inapplicable à d'autres; il était donc nécessaire de faire appel aux hommes de métier,

qui seuls sont à même de préciser les besoins réels des diverses industries, ainsi que la nature et l'importance de l'effort qu'il est possible de demander à chacune d'elles.

Le point de vue pédagogique devait aussi être envisagé. Savoir dans quelle voie orienter l'apprentissage ne peut suffire, car les moyens à employer ne s'improvisent pas; l'enseignement technique a ses méthodes et il faut les connaître. Depuis de longues années déjà, un personnel d'élite les applique, avec un succès que personne ne conteste, à l'instruction d'un nombre malheureusement trop restreint de jeunes gens; la Commission d'organisation s'est donc adressée à ces professeurs dont l'expérience permettra au Congrès de réaliser une œuvre complète et d'étudier toutes les questions qui se posent.

Ces questions sont multiples; les principales sont les suivantes:

Faut-il prolonger la scolarité? Si oui, comment utiliser cette année supplémentaire? Est-ce par un préapprentissage? En quoi doit-il consister?

Que faut-il demander aux écoles pratiques et professionnelles, aux ateliers patronaux?

Quel est le rôle des cours de perfectionnement professionnel? Que peut-on en attendre? Pour porter des fruits ne doivent-ils pas avoir lieu dans la journée, pendant les heures de travail normal à l'atelier, constituant ainsi ce qu'on appelle le « demi-temps »?

Quels doivent être les rôles respectifs de l'Etat, des départements, des communes, des Chambres de commerce, des patrons, des groupements syndicaux, des Associations d'enseignement populaire?

Comment constituer des groupements corporatifs mixtes, des Chambres de métiers, des Comités départementaux auxquels incomberait le soin d'organiser l'apprentissage local ou régional?

Quelles sont les matières à enseigner dans les cours théoriques? Dans quels locaux installer ces cours? Avec quel personnel enseignant?

Comment obtenir les ressources financières?

Faut-il laisser liberté entière à tous? Ou n'est-il pas indispensable d'admettre certaines obligations? Jusqu'où s'étendront celles-ci? Est-ce seulement aux cours de demi-temps? Faut-il aller jusqu'à imposer au patron de former des apprentis et au jeune homme d'entrer en apprentissage?

Le certificat d'apprentissage doit-il être institué? Sera-ce un simple constat de présence à l'atelier pendant une période d'années déterminée ou au contraire un certificat de capacité obtenu après examen?

Un contrat sera-t-il obligatoire: verbal ou écrit?

En attendant le vote d'une loi nouvelle, quelles sont les améliorations immédiatement réalisables? Ce point est très important, car parmi ces améliorations, il en est précisément qui sont de nature à rendre facile l'application d'une loi en initiant les intéressés à des modes de faire qui changeront de vieux errements.

Comme on le voit, le champ est vaste; mais chacune des questions énumérées ci-dessus étant analysée à l'avance dans des rapports préparés sur chaque groupe d'industrie par des hommes d'une compétence reconnue, la discussion générale sera facile à conduire avec rapidité et précision.

Le Congrès pourra donc émettre en connaissance de cause des vœux ayant une portée pratique.

Nous couvions tous ceux qui s'intéressent à

cette grave question à prendre part à nos travaux.

P. JANNETTAZ,
Secrétaire général
de la Commission d'organisation.

QUESTIONS ÉCONOMIQUES

Le guano et son commerce.

Le guano ou *huanu* est un engrais formé par les excréments des oiseaux de mer accumulés depuis un temps immémorial. Les influences atmosphériques et la putréfaction modifient profondément la composition chimique du guano qui, par suite, est très variable, suivant les gisements.

Ce produit animal se trouve surtout en couches profondes, parfois de 20 à 30 mètres, dans les îlots déserts et rocailleux où les oiseaux de mer sont certains de ne pas être dérangés. Les gisements les plus importants sont ceux des îles voisines de la côte occidentale de l'Amérique du Sud et de cette côte même, surtout ceux des îles Chinch (en face du port de Pisco), Guanope, Lobos, Macabi, Ballestas, Huanillos. On trouve également le guano le long du littoral péruvien, à Angamos, dans les baies de Mejillones, Guanillos, Pabellon de Pica, Punta-Pichalo et Punta de Lobos (Chili septentrional), sur les côtes de l'Equateur, de la Colombie, du Venezuela, du Brésil, dans les îles d'Elide et de Los Patos, près de la côte de Californie, dans les îles Vierges (Antilles) de Navassa, de Sombrero, etc., dans les îles Fanning, Baker, Jarvis (en Polynésie équatoriale), à l'île Lacépède (au nord de l'Australie), etc. On a rencontré encore du guano aux îles Malouines ou Falkland et dans beaucoup d'îles de l'Océan Pacifique, des côtes de l'Afrique australe, etc.

Au Chili, l'exportation du guano est maintenant interdite, le gouvernement voulant en éviter le trop rapide épuisement. L'exploitation d'une certaine quantité seulement est autorisée pour l'agriculture nationale.

Les principaux oiseaux qui forment le guano sont les alcatras, espèce de cormorans. Les assises inférieures des grands gisements péruviens renferment aussi des déjections d'otaries, de phoques, etc.

Les immenses amas de guano des îles péruviennes ont dû mettre des siècles à se constituer. C'est ainsi qu'on évalue qu'il a fallu 264 000 oiseaux produisant chacun par jour une once de guano pour arriver à former, en dix mille ans, le dépôt de plus de 500 millions de quintaux qu'on y a rencontré au début de l'exploitation. Les couches qui recouvraient les îles Chinch sous une épaisseur de 20 à 30 mètres représentaient à elles seules la moitié de ce total, soit environ 25 millions de tonnes. Il ne faut pas oublier, d'ailleurs, que ces régions sont peuplées d'une quantité incommensurable d'oiseaux dits *guaneros*, c'est-à-dire producteurs de guano.

Le guano a l'aspect d'une masse compacte, terreuse, de couleur brunâtre ou jaunâtre, d'odeur musquée et ammoniacale pénétrante. C'est une matière onctueuse ni pierreuse, ni pulvérulente, dont la densité est plus faible que celle de l'eau.

L'analyse des guanos de diverses provenances a donné de profondes différences de composition. Les guanos des îles Chinch et Lobos et ceux d'Angamos ont révélé la présence de 7 à 22 parties d'eau pour 46 à 74 de matières organiques et sels ammoniacaux, 9,8 à 19,3 d'azote, 7 à 13,5 d'acide phosphorique,

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 3 (mars 1910), *Supplément*.

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 11 (novembre 1910), p. 623.

(3) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 9 (août 1910, p. 399; n° 13 (décembre 1910), p. 619; t. II, n° 3 (mars 1911), p. 165; n° 8 (août 1911), p. 456; n° 9 (septembre 1911), p. 503).

2,5 à 11,5 de sels alcalins, 5,7 à 29,3 de phosphate de chaux, 21,7 à 37,1 de cendres. La cendre du guano péruvien contient 40 à 41 % d'acide phosphorique, 34 à 37 % de chaux, 2 à 2,5 de magnésie, 1,5 à 2 de potasse. Le guano contient encore une petite quantité de guanine, de xanthine et de corps gras.

La plupart des sels du guano, et en particulier les sels ammoniacaux, sont solubles dans l'eau. Le guano ne peut donc conserver ses qualités que dans les régions où il ne pleut presque jamais et où l'air est très sec. C'est précisément le cas pour les îlots déjà cités et pour les côtes péruviennes et chiliennes. Dans les régions où le guano reçoit de l'eau de pluie, sa composition est, par suite, profondément modifiée.

Les guanos dont la richesse en azote a été constatée la plus grande ont été les premiers gisements d'Angamos (17 à 19,5 %) et des îles Chincha (12 à 15 %). Ceux des îles Lobos sont plus pauvres (7 à 10 %).

(A suivre.)

PAUL BARRÉ.

STATISTIQUES

Production des minerais en France en 1910.

La production des divers minerais a atteint en France, en 1910, une valeur de 83 millions de francs, dont les trois quarts représentent la valeur des minerais de fer.

Ces derniers minerais ont donné environ 14 100 000 t en 1910, dont 8 500 000 t pour le bassin de Briey (en augmentation de 2 millions de tonnes sur 1909). 2 400 000 t pour le bassin de Longwy et 2 millions de tonnes pour celui de Nancy.

Les minerais d'or occupent le second rang en France pour leur valeur, ainsi qu'on peut le constater par la statistique officielle suivante, relative à l'année 1909 :

	QUANTITÉS en tonnes	VALEUR en francs
Minerais d'or	96 903	5 862 000
— de zinc	50 911	4 538 000
Pyrite de fer	273 221	4 513 000
Minerais de plomb argentifère	13 794	2 826 000
— d'antimoine	28 105	1 920 000
— de manganèse	9 378	268 000
— d'arsenic	2 141	176 000
— de tungstène (wolfram)	50	150 000
— d'étain	22	56 000
— de cuivre	458	26 000

Les plus fortes augmentations concernent les minerais d'or (884 000 fr et 29 000 t de plus qu'en 1908), de plomb (363 000 fr), de zinc (313 000 fr), d'arsenic (116 000 fr), d'antimoine (76 000 fr), de pyrite de fer (53 000 fr), d'étain (56 000 fr). Les minerais de manganèse sont en baisse de 111 000 fr, et ceux de wolfram diminuent en valeur de 116 000 fr.

Nous résumons ici, d'après l'*Echo des Mines* et de la *Métallurgie*, quelques indications sur divers minerais :

Pyrite de fer. — Trois concessions ont été exploitées en 1909, mais la presque totalité de l'extraction vient de la concession de Saint-Bel (Rhône); cette mine a produit 251 000 t, soit 29 000 t de moins qu'en 1908.

Au point de vue du commerce extérieur, nous avons été, en 1910, importateurs effectifs de 252 665 t, en augmentation de 14 000 t sur 1909; l'exportation n'a atteint que 56 735 t.

Manganèse. — On a compté 8 mines de manganèse en activité. La majeure partie du minerai a été extraite de la mine de Las Cabasses (Ariège), de celle de Romanèche (Saône-et-Loire), et de celles de Loudervicelle, Adervicelle et Vieille-Aure (Hautes-Pyrénées).

Les importations effectives ressortent à 187 570 t en 1910.

Etain. — Les travaux ont été repris dans la

vieille mine de Montebbras (Creuse). Les entrées effectives ont été, en 1910, de 840 t.

Wolfram. — Il provient des mines de Puy-lès-Vignes (Haute-Vienne).

Arsenic. — La production en mispickel vient de Saint-Pierre-Montlimart (Maine-et-Loire), Salsigne et Villanière (Aude), Lozari (Corse), Rodier (Puy-de-Dôme).

Le commerce extérieur s'est traduit, en 1910, par une sortie de 2 411 t.

Soufre. — Trois mines de soufre ont été exploitées dans les départements des Basses-Alpes, Bouches-du-Rhône et Vaucluse. La production, en marnes imprégnées de soufre, a atteint 2 900 t d'une valeur de 50 000 fr. Ces marnes ont été utilisées, après broyage, pour le traitement de la vigne en France et en Algérie.

Graphite. — 125 t d'une valeur de 6 250 fr avaient été extraites de la mine du col du Chardonnet dans les Hautes-Alpes, en 1907. Il n'y a pas eu d'extraction en 1908 ni en 1909.

Calcaire asphaltique. — On a produit 14 800 t dans l'Ain, le Gard, le Puy-de-Dôme, la Haute-Savoie, qui ont été employées, soit en mastic, soit en carreaux pour couverture de trottoirs, soit en poudre pour asphalte comprimé.

TECHNOLOGIE INDUSTRIELLE

Le transport des denrées périssables et les wagons frigorifiques.

Les produits de consommation courante deviennent à l'heure actuelle, dans le trafic d'un réseau, un sujet de préoccupation d'une importance capitale; le transport, ainsi que les conditions matérielles sur la rapidité de ce transport, ne sont pas en effet les seuls facteurs susceptibles d'influer sur la détérioration ou la décomposition des denrées périssables confiées au chemin de fer; il est indispensable que, au préalable, l'expéditeur en prépare l'envoi en prenant certaines précautions essentielles et qu'ensuite, à destination, la réception et la distribution en soient telles qu'elles ne rendent pas stériles les efforts du producteur et du voiturier.

Le rôle de transporteur, dit sir J. M. Culp, vice-président du Southern Railways anglais, doit être avant tout celui d'un conseiller éclairé en ce qui concerne les obligations de l'expéditeur et du destinataire; mais il lui faut également, de son côté, assurer les meilleures garanties en cours de route pour que les marchandises, appartenant à cette catégorie particulière, soient livrées bien fraîches au consommateur.

L'altitude et le climat sont évidemment les principaux éléments à considérer; ils varient d'un pays à l'autre; cependant les méthodes satisfaisantes de transport, adoptées dans telle région, peuvent être appliquées dans telle autre où les conditions techniques et barométriques sont les mêmes; il est par conséquent intéressant d'examiner brièvement quelles solutions a reçues le problème aux Etats-Unis, en nous plaçant au point de vue de la pratique américaine actuelle.

Il est admis que la conservation des produits alimentaires nécessite, en général, des températures inférieures à 10° C et, en outre, un degré d'humidité constant : 70 à 75 %; la réfrigération préalable est surtout utile quand il faut parcourir de longues distances ou qu'il s'agit de certaines denrées précieuses; cette réfrigération se fait, de préférence, dans ou à proximité des entrepôts frigorifiques où elle est plus économique; quant au wagon spécial, auquel on ne doit pas songer à appliquer la réfrigération en cours de route, il y a lieu d'y combiner les dispositifs pour le maintien du froid avec ceux qui concernent la ventilation, c'est-à-dire d'assurer rationnellement la circulation forcée

de l'air extérieur à travers le wagon; en somme, dans le cas le plus fréquent, celui-ci est muni de glacières et de panneaux mobiles.

Les glacières sont ordinairement placées aux extrémités, de façon à éviter en grande partie les risques de précipitations d'humidité sur le plafond et les parois; l'accès de l'air extérieur est assuré par des ouvertures ou même par des ventilateurs *ad hoc*, que règlent des agents subalternes, qui accompagnent les convois et sont chargés de surveiller le conditionnement des marchandises; en raison des variations rapides des températures de jour et de nuit, des différentes altitudes, etc., ces agents reçoivent des instructions détaillées pour que cette ventilation emporte les gaz et l'air chaud accumulés dans la partie supérieure de la voiture.

Un type de ces wagons réalise l'isolement de la capacité intérieure par une construction combinant le bois, un matelas d'air et le feutre ou le linoléum; la couverture, les parois et le plancher ont 18 centimètres d'épaisseur, y compris le matelas d'air, et trois couches de 25 millimètres de crin; les joints des portes sont munis de bourrelets, de façon à ne pas laisser passer d'air quand les portes sont fermées; les glacières partent du toit, au niveau duquel on peut les charger de l'extérieur, et s'arrêtent à 20 centimètres du plancher, où une cuvette avec trop-plein sert à recueillir l'eau qui s'égoutte.

L'aménagement intérieur dépend du genre des produits que le wagon doit recevoir; tantôt il est muni de traverses portant des crochets auxquels on suspend, par exemple, les grosses viandes fraîches ou les viandes préparées; tantôt ce sont des râteliers attachés au plafond, pour des animaux ou des morceaux de moyenne taille; le lait, préparé d'abord au frigorifique, voyage parfois en boîtes métalliques et parfois en bouteilles placées dans des caisses en bois que l'on installe sur des étagères; d'autres denrées sont arrimées à même le plancher, en tonneaux, en caisses, en vrac ou dans des coffres de réparation; dans certains cas, il faut prendre la précaution d'obtenir un chargement complet et compact, en vue d'empêcher ainsi les oscillations et, par conséquent, les mutilations; dans d'autres, au contraire, les rangées de marchandises doivent présenter des vides pour que l'air froid et dense, qui descend vers le plancher du wagon, puisse refouler la chaleur et les gaz vers le haut de celui-ci.

Les températures convenables, que l'on s'efforce de maintenir constantes et uniformément réparties dans les wagons, sont approximativement les suivantes :

Boeuf frais	+ 2°,7 à + 3°,8
Porc	+ 1°,1 à + 0°,5
Saucisses et autres produits similaires	+ 1°,1 à 0°
Foies	+ 1°,1
Mouton	0° à + 2°,2
Filets, culottes, côtes, etc.	+ 1°,1 à + 1°,6
Veau	0° à + 2°,2
Viandes marinées	+ 1°,6 à + 3°,3
Jambons, côtes, épaules (non marinées)	+ 1°,1 à + 1°,6
Viandes salées et séchées (non marinées)	+ 3°,3 à + 4°,4
Lait et crème pure	+ 1°,6
Beurre, fromage de crème	+ 1°,1 à + 1°,6
Beurre congelé	0° à + 4°,4
Œufs à l'état normal	0°
Œufs sans coquille	+ 1°,7 à + 4°,4
Volaille glacée	+ 1°,7 à + 7°
Volaille à sec	+ 1°,7 à + 4°,5
Fruits hâtifs (melons, pêches, cerises, etc.)	+ 5° à + 8°
Fraises	+ 2°,8 à + 7°
Oranges	+ 5° à + 10°
Légumes hâtifs	+ 4°,4 à + 7°,2
Poisson	+ 4°,4 à + 7°,2
Huitres en coquille	+ 4°,4 à + 10°
Homards cuits ou vivants	+ 0°,5 à + 1°,5

(A suivre.)

H. G.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES DES OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS

Analyse chimique appliquée aux essais industriels (Traité complet d'), par J. POST et B. NEUMANN, traduit par O. CHENU et M. PELLET. T. I. 4^e fascicule. — 1 vol. in-8° de 1352 pages, avec 210 figures, et 56 planches hors texte, broché, 18 fr. (Hermann et fils, éditeurs. Paris, 1911.)

Ce fascicule est consacré aux sels métalliques, à la métallographie microscopique, aux acides inorganiques, à la soude, aux sels de potasse, à la potasse, aux halogènes, au chlorure de chaux, aux sulfures et hyposulfites alcalins, à l'alumine et à ses sels, enfin à l'analyse spectrale. Dans ce volume, qui ne le cède en rien aux précédents en ce qui concerne la nomenclature et le choix des méthodes, nous signalerons particulièrement la partie consacrée à la métallographie microscopique qui constitue la mise au point à la fois la plus précise et la plus complète sur cette méthode féconde d'investigations scientifiques. — P. B.

Caoutchouc (Matières premières de la fabrication du), de la Gutta-Percha et des Industries connexes, par R. MARZAHN. Manuel pratique. Traduit et adapté de l'allemand par J. FRITSCH. — 1 vol. gr. in-8°, broché de 358 pages, 12 fr. (H. Desforges, éditeur, Paris, 1911.)

Cet ouvrage est destiné à tous ceux qui s'occupent de l'industrie du caoutchouc. Conçu dans un sens pratique, il peut être mis entre les mains de tous ceux qu'intéresse cette industrie si prospère, depuis le chimiste jusqu'au marchand de caoutchouc au détail. C'est un manuel à la fois complet et élémentaire. — J. S.

Combustion (Méthodes économiques de) dans les chaudières à vapeur, par J. IZART, ingénieur-conseil en force motrice. 3^e édition, complètement refondue. — 1 vol. in-8° de xvi-300 pages, avec nombreuses figures. Broché, 9 fr.; cartonné, 10 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1911.)

L'ouvrage de M. Izart est un véritable manuel pratique en matière de combustion. Il renferme un grand nombre de données numériques, de bases expérimentales, recueillies par l'auteur au cours des essais dans les usines et qui seront fort appréciées par les industriels. — P. C.

Cuirs (Teinture, corroyage et finissage des), par M.-C. LAMB, F. C. S., directeur de la Section de Teinture au Collège technique de la « Leathersellers' Company » de Londres; traduit par Louis MEUNIER, docteur ès sciences, chargé de cours à l'Université de Lyon, professeur à l'Ecole française de Tannerie; Jules PRÉVOT, licencié ès sciences, ancien élève des Ecoles de Tannerie de Lyon, Leeds, Londres, Vienne et Freiberg. — 1 vol. in-8° de vi-470 pages, avec 203 figures et 4 planches d'échantillons, 20 fr. (Gauthier-Villars, éditeur. Paris, 1910.)

L'apparition du tannage au chrome et le développement rapide de l'emploi des extraits tanniques ont déterminé un changement d'orientation dans l'industrie de la tannerie et de la mégisserie. Les deux industries sont devenues scientifiques.

L'ouvrage de M. Lamb est scientifique et pratique; il s'adresse à tous ceux qui s'intéressent à l'industrie des cuirs, et dans lequel le lecteur trouvera les derniers progrès accomplis dans cette technique spéciale. — P. N.

Electricité (Leçons sur l'), professées à l'Institut électrotechnique Montefiore, par ERIC GERARD, 8^e édition entièrement refondue. — 2 vol. gr. in-8°, se vendant séparément. — Tome I : *Théorie de l'Electricité et du Magnétisme, Electrométrie. Théorie et construction des générateurs électriques*. — Vol. de xii-975 pages, avec 458 figures, 12 fr. — Tome II : *Transformateurs. Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Application de l'électricité à la télégraphie, à la téléphonie, à l'éclairage, à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à la métallurgie et à la Chimie industrielle*. — Vol. de vii-990 pages, avec 489 figures, 12 fr. (Gauthier-Villars, éditeur. Paris, 1910.)

Le Traité d'électricité de Eric Gerard est désormais classique et le nombre de ses éditions successives constitue le meilleur éloge que l'on puisse en faire auprès d'un public qui le connaît et qui l'apprécie. Cette nouvelle édition entièrement refondue et mise à jour obtiendra certainement le même succès que les précédentes. — P. J.

Electricité (Cours pratique élémentaire d') industrielle, par E. FESQUET, professeur au Collège et à l'Ecole des Mécaniciens de Dunkerque. — 1 vol. in-8° raisin avec gravures, 2^e édition revue; broché, 6 fr. (Henry Paulin et C^{ie}, éditeur. Paris, 1911.)

L'auteur, qui enseigne avec succès, dans une école de mécaniciens, a su présenter scientifiquement, tout en restant élémentaire, les notions parfois difficiles de l'électrotechnique (courants polyphasés, etc.). C'est un ouvrage bien compris, qui rendra service à tous ceux qui ont besoin de connaître les notions d'électricité industrielle. — B.

Fondeur (Manuel pratique du) (tome II) : Alliages et fonderie de bronze, par V. MARTELL, chef d'atelier à l'Ecole nationale des arts et métiers d'Angers. — 1 vol. gr. in-8° de 187 pages, avec 127 figures, broché, 8 fr.; relié, 10 fr. (J. Loubat et C^{ie}, éditeurs. 1910.)

La première partie est consacrée aux métaux qui entrent dans les alliages.

Dans l'étude du matériel et de l'outillage, l'auteur a insisté sur la préparation des sables et le nettoyage des pièces. La fusion du cuivre et de ses alliages, qui constitue le travail le plus important du fondeur, l'a également conduit à décrire complètement les appareils employés et à donner les indications nécessaires pour la bonne mise en œuvre de cet outillage. Enfin la coulée des moules, le moulage, le montage, etc., ont été décrits avec beaucoup de soin et de détails précis. — P. B.

Génératrices de courants et moteurs électriques. Introduction à l'étude de l'électrotechnique appliquée, par C. GUTTON, professeur à la Faculté des sciences de Nancy. — 1 vol. in-8° de x-292 pages, avec 213 figures. Broché, 9 fr.; cartonné, 10 fr. 50. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1911.)

Ce livre, intermédiaire entre un cours d'électricité et un traité purement technique, aidera les débutants dans l'art de l'ingénieur électricien et rendra service au lecteur qui désire connaître les machines électriques, soit par curiosité, soit parce qu'il est appelé à les utiliser. Il a, du reste, obtenu un vif succès comme leçons faites, par l'auteur, à l'Institut électrotechnique de Nancy. — J. M.

Machines dynamo-électriques (Courant continu), par S. P. THOMPSON, directeur du Collège technique de Finsbury, traduit par E. BOISTEL, 4^e édition française. — 1 vol. in-8° de 1056 pages, avec 602 figures, cartonné toile, 35 francs. (Ch. Béranger, éditeur. Paris, 1911.)

Cet ouvrage, traduit de l'anglais, constitue un traité théorique et pratique des plus complets sur les dynamos à courant continu. Après avoir exposé les principes du magnétisme, l'auteur traite des formes d'inductions, de l'application des calculs magnétiques, du bobinage, des actions et réactions dans l'induit, de la commutation, et aborde la théorie élémentaire de la dynamo. Il étudie ensuite les caractéristiques, la théorie de l'enroulement d'induit, la construction de l'induit, la partie mécanique des dynamos, les collecteurs, l'évaluation des pertes, enfin la construction proprement dite des générateurs avec analyses d'études, exemples d'installations modernes. Il passe en revue les principaux types de moteurs générateurs, de survolteurs, de moteurs à courant continu, de régulateurs, de combinatoires et termine par les essais. Un index alphabétique facilite les recherches dans ce volumineux traité à l'usage des constructeurs. — J. M.

La Mécanique à l'Exposition universelle et internationale de Bruxelles de 1910 (Publications de *La Technique moderne*), par G. VAN ENGELEN, répétiteur à l'Université de Gand. 1 vol. gr. in-4° de 70 pages, avec 209 figures, 8 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1911.)

Les progrès réalisés en ces dix dernières années dans la construction des machines sont énormes. Les moteurs à gaz pauvre et les turbines à vapeur ont subi une évolution rapide et sont devenus des concurrents redoutables pour la machine à vapeur à piston. Celle-ci également, pour pouvoir soutenir la lutte avec quelque chance de succès, a été modifiée complètement.

D'autre part, l'utilisation des turbines a provoqué la création d'une série d'appareils, pompes, machines soufflantes, etc., à grande vitesse et faible encombrement.

L'auteur donne la description des appareils exposés à Bruxelles; il a choisi les machines présentant le plus d'intérêt pour les industriels et les ingénieurs, de façon à ce que la lecture de cet ouvrage leur permette de se faire une idée exacte de l'état actuel de la construction mécanique. — P. B.

Méthodes et appareils de mesures électriques et magnétiques, par A. ILIOVIC, préparateur à l'Ecole supérieure d'électricité. — 2 vol. in-8° de 146 et de 150 pages, brochés, 2 fr 50 chaque. (Geisler, éditeur. Paris, 1911.)

L'auteur a exposé en praticien les méthodes de mesures électriques, et a décrit minutieusement les appareils les plus employés dans la pratique industrielle. Ce traité, en deux parties, est à la fois complet et élémentaire et tous les électriciens de l'industrie qui voudront se documenter sur les mesures électriques, pourront consulter avec grand profit cet ouvrage écrit par un électricien de laboratoire des plus au courant des procédés de mesure actuellement en usage. — H. V.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARTEAUX, imp., 1, rue Cassette.

La Technique Moderne

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

RÉGULATION DES GROUPES ÉLECTROGÈNES

I. — Généralités.

Les variations de vitesse d'un groupe électrogène, en fonction du temps, sont de deux sortes :

1° Celles liées aux inégalités périodiques des couples moteurs et résistants et qu'atténue, généralement sans les supprimer, le volant. Le couple moteur moyen est évidemment égal au couple résistant moyen, sinon les machines tendraient à s'emballer ou à s'arrêter; c'est justement le rôle du régulateur mécanique d'agir sur l'admission, de façon à établir, pour chaque régime, l'égalité des couples moyens. Les irrégularités de vitesse subsistantes sont dites « cycliques » ou « par tour » : ce sont des variations de vitesse instantanées;

2° Celles apportées à la vitesse moyenne par les divers régimes de charge du réseau desservi par la génératrice. Généralement, la vitesse diminue plus ou moins quand la puissance réclamée par le réseau s'accroît, et même parfois elle diminue extrêmement peu.

Le régulateur mécanique s'efforcera en général, et ce sera son rôle, de maintenir la vitesse moyenne à peu près constante. Au contraire, le volant s'efforcera de réduire au minimum les variations de vitesse instantanées.

VARIATION CYCLIQUE OU PAR TOUR DES COUPLES, OU VARIATION DE CES COUPLES EN FONCTION DU TEMPS.

Toute l'étude de cette question revient à celle de la modalité des variations, en fonction du temps, d'un couple moteur (de moteur mécanique), et d'un couple résistant de génératrice électrique (couple générateur) (fig. 1). C'est le problème du calcul du volant en régime régulier; nous ne nous y arrêterons pas (1).

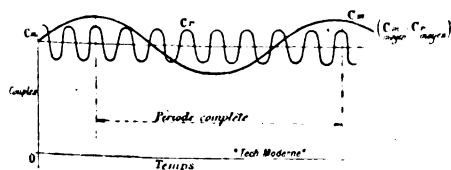


FIG. 1. — Courbe de variation en fonction du temps d'un couple moteur de machine à vapeur et d'un couple résistant d'alternateur.

Exemple de constitution d'un groupe électrogène : cas d'un moteur à vapeur attelé à une dynamo. — Soit à étudier la régulation d'un tel groupe marchant à tension constante. On notera la présence essentielle :

1° Du régulateur mécanique, chargé de maintenir la vitesse, ou

mieux de proportionner le couple moteur C_m au couple résistant C_r ;

2° Du régulateur électrique, chargé de maintenir la tension constante, en général, soit immédiatement (tensimètre), soit médiatement (flux-mètre), le régulateur électrique, dans ce dernier cas, agissant sur l'excitation, de telle sorte que la tension ne redevienne constante que lorsque la vitesse l'est redevenue elle-même (fig. 2).

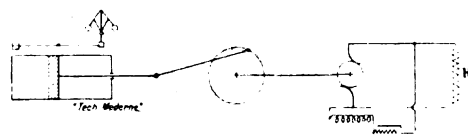


FIG. 2. — Schéma d'un groupe électrogène avec régulateur mécanique et régulateur électrique.

Remarquons que, bien que le groupe idéal ci-dessus comprenne essentiellement à côté du régulateur mécanique, qui existe toujours, un régulateur électrique de tension ou de flux, ce dernier régulateur peut, dans certains cas, être réduit à l'intervention manuelle et intelligente de l'agent préposé au tableau.

Nous aurons, dans le fonctionnement d'un tel groupe, à distinguer deux cas :

1° Celui où le régime $C_m = C_r$ étant établi, le régulateur a institué, une fois pour toutes, un taux d'admission tel que $C_m = C_r$. Alors, l'histoire de ce régime est courte : tant que C_r ne varie pas, C_m et l'admission gardent la même valeur; la vitesse se maintient également.

Cette vitesse peut présenter des irrégularités cycliques ou par tour (différence instantanée des couples moteurs et des couples résistants), mais la valeur moyenne de la vitesse reste évidemment la même;

2° C_r peut venir à varier, d'où l'établissement d'un nouveau régime d'admission atteint après une perturbation et au prix de variations instantanées de vitesse plus ou moins considérables. C_r peut, du reste, être indépendant de la vitesse (donc varier brusquement, par exemple) ou être fonction de cette même vitesse, la complication, dans ce cas, étant évidemment plus grande.

En résumé, l'étude de la perturbation, qui consiste essentiellement en la détermination de la loi $\omega(t)$ de variation des vitesses en fonction du temps, est donc liée à l'étude de l'équation :

$$C_m - C_r = K \frac{d\omega}{dt}$$

K , moment d'inertie rotatif du groupe, C_m pouvant être modifié par l'intervention du régulateur mécanique, C_r pouvant l'être par l'intervention des variations de résistance du réseau et d'activité des moteurs sur lesquels travaille la génératrice. Les variations de tension qui en résultent tendent, d'autre part, à

(1) Ce calcul est traité dans tous les ouvrages consacrés aux machines thermiques.

compenser, par l'action d'un mode de régulation électrique, la variation de ce couple générateur. La modification de cette tension s'effectue dans un sens tel que le couple générateur varie moins que si la tension restait constante.

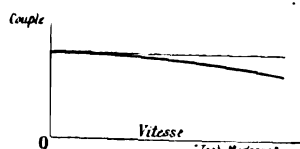


FIG. 3. — Graphique de la variation des couples de moteurs à vapeur en fonction des vitesses pour une admission donnée.

Le premier problème consiste donc à étudier les formes, en fonction du temps, des couples moteur C_m et générateur C_g (1). Résumons, ci-après, l'essence de cette théorie.

COUPLES DE MOTEURS A VAPEUR. —

Les caractéristiques mécaniques (pour une admission donnée) d'un moteur à vapeur à pression constante sont théoriquement des droites parallèles aux vitesses. En pratique, ce sont des courbes légèrement tombantes, les pertes dans la machine s'accroissant quand augmente la vitesse (fig. 3).

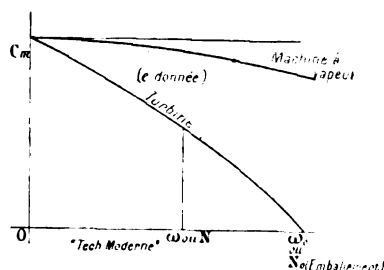


FIG. 4. — Graphique de la variation du couple moteur d'une turbine en fonction de la vitesse pour une admission donnée.

une turbine ne donne plus aucun couple utile (vitesse d'emballlement) est tout à fait accessible (quelquefois 1,5 fois la vitesse de régime) (fig. 4).

FORME ALGÈBRE DES COUPLES MOTEURS. — Le couple moteur dans le cas d'une machine à vapeur est donné, approximativement, par la formule :

$$C_m = C_{\max} \frac{e}{E}$$

$\frac{e}{E}$ étant l'admission relative.

Dans le cas d'une turbine, il a une valeur différente :

$$C_m = C_{\max} \left(\frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0 - \Omega} \right) \frac{e}{E}$$

ω , vitesse actuelle,

ω_0 , vitesse d'emballlement,

Ω , vitesse de régime optimum (2).

Sauf dans l'étude des perturbations et sous réserve d'apporter aux résultats des corrections indiquées par la pratique, les vitesses ω et Ω seront très voisines. Donc l'expression approchée :

$$C_m \approx C_{\max} \frac{e}{E}$$

sera généralement suffisante.

De même pour l'expression du couple moteur du moteur à vapeur.

FONCTION DU RÉGULATEUR. — En d'autres termes, en supposant que, dans le problème qui nous intéresse, il s'agisse, pour le

moteur à vapeur ou hydraulique, de fournir des couples intermédiaires entre deux limites $C_{\max}$ et $C_{\min}$, le rôle du régulateur consistera à modifier les admissions *ad hoc*, de façon à maintenir la vitesse constante (emprunt de petites portions des caractéristiques mécaniques successives pour constituer la caractéristique définitive du groupe réglé) (fig. 5).

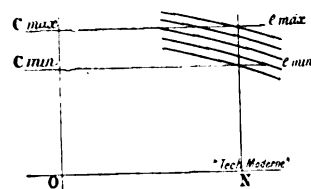


FIG. 5. — Graphique de la marche à vitesse constante d'un moteur mécanique par prélèvement de portions de caractéristiques mécaniques successives.

FORME ALGÈBRE DES COUPLES GÉNÉRATEURS. — En faisant encore abstraction des périodes de perturbation (modification de la résistance extérieure R), on verra que le couple générateur de la dynamo est donné, dans le cas d'une dynamo multipolaire à enroulement parallèle, ou d'une dynamo bipolaire, par :

$$C_g = \frac{UI}{2\pi N} = \frac{U^2}{2\pi NR}$$

$$C_g = \frac{N^2 n^2 \Phi_p^2}{2\pi NR} = \frac{N \Phi_p^2}{2\pi R} n^2$$

U , tension aux bornes,

I , courant débité,

N , vitesse en tours par seconde,

n , nombre de conducteurs périphériques,

Φ_p , flux s'échappant d'un pôle, en supposant, pour simplifier, qu'il n'y ait pas de moteurs sur le réseau (résistance ohmique R).

Supposons que le régime vienne à varier : soit R' la nouvelle valeur de la résistance du réseau. Nous distinguerons deux cas :

A. — Régulation à tension constante :

$$C_g = \frac{U^2}{2\pi NR} = \frac{A}{R} \cdot \frac{1}{N} \quad (1)$$

Le couple générateur, l'équilibre étant établi et la vitesse redevenue normale, sera alors :

$$C'_g = \frac{A}{R'N} \begin{cases} R' > R \\ C'_g < C_g \end{cases}$$

L'admission e de tout à l'heure deviendra e' telle que :

$$C'_g = C'_m = C_{\max} \frac{e'}{E}$$

B. — Marche à flux réglé constant. — Alors :

$$C_g = \frac{N n^2 \Phi_p^2}{2\pi R}$$

$$C'_g = \frac{N n^2 \Phi_p^2}{2\pi R'}$$

On notera en passant que les couples générateurs, toujours proportionnels à l'inverse de la résistance, seront en outre proportionnels à N dans le cas du réglage à flux constant et à $\frac{1}{N}$ dans le cas du réglage à tension constante.

En faisant abstraction de la perturbation, une fois le groupe arrivé au nouvel équilibre, nous pouvons donc dire que l'admission nécessaire est fixée sans aucune confusion.

Nous avons donc justifié ce lemme, qu'à toute résistance donnée du réseau devra correspondre une admission bien déterminée.

(1) Régulation des groupes électrogènes, par L. Barbillion (collection de l'« Encyclopédie électrotechnique »). Fascicules 38 et 39.

(2) Maximum de rendement.

(3) Le symbole $\approx$ signifiant approximativement.

(1) Le symbole $\equiv$ signifiant proportionnel à.

CONCLUSION. VÉRITABLE RÔLE DU RÉGULATEUR MÉCANIQUE. — Le régulateur mécanique n'a pas, pour rôle essentiel, de maintenir constante la vitesse. Son but est d'égaliser le couple moteur au couple résistant en modifiant convenablement l'admission. Le maintien de la constance plus ou moins approchée de la vitesse n'est qu'une fonction seconde de ce régulateur (fig. 6).

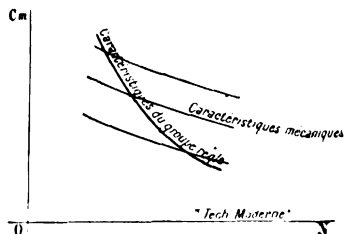


FIG. 6. — Courbes montrant le mode de constitution de la caractéristique d'un groupe réglé sous la forme la plus générale.

Ceci est tellement vrai qu'il est certaines applications dans lesquelles on demande au régulateur d'établir une loi $N(C_m)$ régissant le nombre de tours N en fonction du couple moteur C_m , ou une loi $N(C_r)$ régissant le nombre de tours N en fonction du couple résistant C_r , différente de $N = \text{constante}$ (par exemple, dans le cas d'une marche à puissance constante de l'usine génératrice).

MODE D'ACTION DU RÉGULATEUR MÉCANIQUE. — Nous n'étudierons ici que les régulateurs à force centrifuge. Ces régulateurs sont de deux sortes principales :

Type direct : Les organes du régulateur agissant directement sur le vannage.

Type indirect : Les organes du régulateur agissant sur le vannage par l'intermédiaire d'une motricité étrangère.

II. — Régulateurs directs. Fonctionnement en régime régulier.

PROTOTYPE, CELUI DE WATT. — Le régulateur direct (type de Watt pour simplifier) (fig. 7) établit, comme on le sait, une relation qui est unique, quand sont réglées les transmissions, entre la position du manchon M (hauteur h' mesurée par rapport à un plan horizontal fixe)⁽¹⁾ et l'admission e (ou $\frac{e}{E}$ admission relative.)

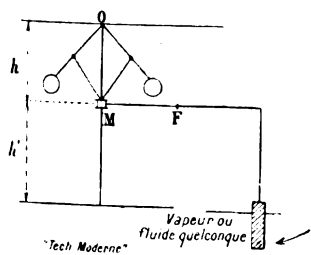


FIG. 7. — Schéma du régulateur de Watt et de ses succédanés. Relations entre la hauteur du manchon, la position de la vanne et la vitesse.

Il résulte des relations :

$$h'(\omega) \\ h'(C_m) \text{ ou } h'(e)$$

une relation $\omega(C_m)$ des vitesses moyennes établies par le régulateur en fonction des couples.

Cette caractéristique, dite du groupe avec régulateur ou du groupe réglé, est généralement faiblement tombante quand le couple croît (fig. 8).

On peut, puisque e et C_m sont liés cinématiquement (liaisons complètes), traduire cette caractéristique $C_m(\omega)$ sous la forme $h'(\omega)$, et l'on retrouve alors les trois caractéristiques connues du régu-

lateur, ou mieux du tachymètre, dont la première notion a été donnée par Dwelshauwers-Déry, et que nous dénommerons respectivement :

- 1° Courbe médiane;
- 2° Courbe d'ouverture;
- 3° Courbe de fermeture.

L'interprétation de ces courbes est intuitive.

Partons d'un point M de régime (fig. 9). Si le couple C_r augmente ($C_r > C_{r_0}$), la vitesse baisse de M en m , sans que le

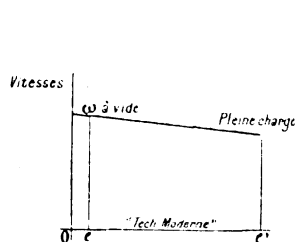


FIG. 8. — Caractéristique de groupe réglé (Régulateur direct).

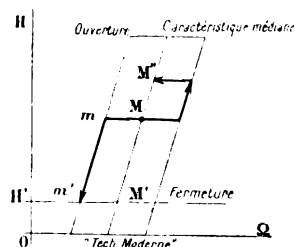


FIG. 9. — Représentation graphique des positions du manchon quand le couple résistant varie. (Régulateur direct.)

manchon commence à bouger (période d'inaction du régulateur), puis il part et nous décrivons la portion mm' de caractéristique jusqu'au point m' relatif à une admission (ou à une position H' du manchon), correspondant à l'égalité des couples moteur et résistant.

Par suite de petites secousses intérieures, toujours inévitables, le régulateur revient plus ou moins rapidement de lui-même de m en M' (sur la caractéristique médiane).

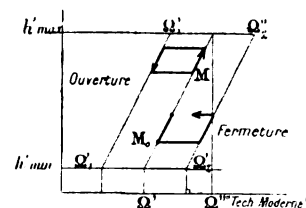


FIG. 10. — Graphique du fonctionnement d'un régulateur direct. Vitesses critiques, isochronisme, sensibilité, régularité.

QUALITÉS D'UN RÉGULATEUR, DEGRÉ D'ISOCRONISME, DEGRÉ DE SENSIBILITÉ, DEGRÉ DE RÉGULARITÉ. — Ces définitions sont intuitives en recourant aux caractéristiques $h'(\omega)$ de la figure 10 (h' hauteur du manchon mesurée par rapport à un plan horizontal inférieur).

Sensibilité :

$$\frac{1}{S} = \frac{\Omega'' - \Omega'}{\Omega} = \frac{\Omega' - \Omega'}{\Omega}.$$

Isochronisme :

$$\frac{1}{i} = \frac{\Omega'' - \Omega'}{\Omega}.$$

Régularité :

$$\frac{1}{r} = \frac{\Omega'' - \Omega'}{\Omega} = \frac{1}{i} + \frac{1}{S}.$$

DÉFINITION. ECARTS RELATIFS DE VITESSE CORRESPONDANTS. — Ce sont les inverses des qualités précédentes.

(A suivre.)

L. BARBILLION,

Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble
Directeur de l'Institut électrotechnique.

(1) Ou hauteur h mesurée par rapport à un plan horizontal supérieur.
(2) Ou H (Ω), en employant indifféremment les lettres majuscules ou minuscules.

CHEMINS DE FER

NOUVELLE FORMULE DES SALAIRES

ET APPLICATION AU CAS DE L'ENTRETIEN DES VOIES DE CHEMINS DE FER

[PLANCHE V]

Le coût croissant de la vie, les habitudes nouvelles et les aspirations chaque jour plus vives et plus impérieuses de la classe ouvrière vers le bien-être ont déterminé une hausse continue du taux des salaires à laquelle les Administrations de chemins de fer n'ont pu déjà ou ne pourront échapper. La main-d'œuvre devient ainsi pour les Exploitations une charge de plus en plus lourde.

La nécessité s'impose donc de rechercher une méthode de détermination rationnelle des salaires qui permette à l'employeur de trouver dans la surélévation même des salaires qu'il accorde à son personnel, une contre-partie, c'est-à-dire un avantage aux sacrifices consentis.

Il y a là, semble-t-il, quelque chose de contradictoire et la formule reste à trouver qui donnerait complète satisfaction à deux intérêts qui paraissent *a priori* si divergents.

Il n'est pas cependant impossible, et il y a lieu en tout cas de s'en préoccuper, d'établir une formule conciliatrice.

Il nous a paru que M. Lallemand, Ingénieur en chef des Mines, directeur du Nivellement Général de France en avait trouvé une excellente expression (1) qu'il applique dans son Service et que nous nous proposons d'utiliser à la fixation du salaire des agents chargés de l'entretien des voies de chemin de fer. On ne manquera pas de faire à la formule basée sur la conception qu'a du salaire M. Lallemand les reproches connus déjà adressés au « Sweating Labour », comme aussi de favoriser la production de la quantité au détriment de la qualité. Nous n'avons rien à dire qui n'a été dit et sera encore dit au sujet de la première objection. Quant à la deuxième, elle tombe d'elle-même, dans le cas qui nous occupe, sinon grâce à une surveillance sévère, du moins par la possibilité que l'on a de décider que la partie du salaire fonction du travail produit et s'ajoutant au salaire fixe ne sera payable qu'après un certain délai, trois mois, six mois, suffisant pour reconnaître la qualité de la main-d'œuvre fournie.

La conception nouvelle du salaire, d'après M. Lallemand, est celle-ci : le salaire est plutôt qu'une rémunération d'un travail déjà produit, un encouragement et un stimulant à en produire un nouveau.

Un salaire élémentaire dS encourageant la production d'un travail élémentaire dT devra, par suite, être proportionnel à l'effort nécessaire pour le produire. Or, cet effort est non seulement proportionnel à dT , mais encore à la fatigue de l'organisme du travailleur au moment où il entreprend ce travail dT , et cette fatigue elle-même est en raison directe du travail T déjà produit depuis l'origine de la période de travail considérée.

On peut donc poser la relation différentielle :

$$(1) \quad dS = A \cdot T \cdot dT.$$

dont l'intégrale est :

$$(2) \quad S = \int A \cdot T \cdot dT = C + \frac{AT^2}{2}.$$

La constante C est fixée par les règlements administratifs : c'est un minimum de salaire. Le deuxième terme de (2) constitue alors une prime : c'est le stimulant de M. Lallemand qui devra établir l'accord entre les intérêts du travailleur et de l'employeur.

Pour que cet accord existe, il faut que le prix de revient de l'unité du travail diminue lorsque le rendement augmente, c'est-à-dire que l'on doit avoir, si P est le prix de revient de l'unité de travail :

$$(3) \quad \frac{dP}{dT} < 0,$$

quant T croît tout en restant inférieur à un maximum T_m susceptible d'être atteint dans les circonstances les plus favorables.

Or, si l'on appelle F la part des frais généraux correspondant à la production du travail T , on a :

$$P = \frac{F + S}{T} = \frac{F + C}{T} + \frac{AT}{2}.$$

Par suite :

$$\frac{dP}{dT} = -\frac{F + C}{T^2} + \frac{A}{2}.$$

Pour satisfaire (3), il faudra donc que :

$$\frac{A}{2} < \frac{F + C}{T_m^2}.$$

Posons :

$$\frac{A}{2} = K \cdot \frac{F + C}{T_m^2},$$

K dépendant de C , c'est-à-dire du grade de l'agent considéré et soit :

$$F = nC,$$

le salaire journalier S sera alors fixé par la relation :

$$(4) \quad S = C \left[1 + K(1 + n) \frac{T^2}{T_m^2} \right].$$

Dans le cas particulier de l'entretien des voies de chemins de fer, on peut admettre que le travail produit est proportionnel au temps θ mis à l'exécuter et (4) s'écrit :

$$S = C \left[1 + K(1 + n) \frac{\theta^2}{\theta_m^2} \right].$$

L'expérience et les statistiques déjà établies permettent de fixer les temps que l'on peut allouer pour chaque nature de travail.

Si donc θ_1 est le temps alloué pour reviser un mètre de voie ; θ_2 , le temps accordé pour remplacer une traverse ; θ_3 , celui concédé pour resaboter une traverse, on peut écrire que, pour m mètres de voie revisée, t traverses remplacées, t' traverses resabotées :

$$\theta = m\theta_1 + t\theta_2 + t'\theta_3.$$

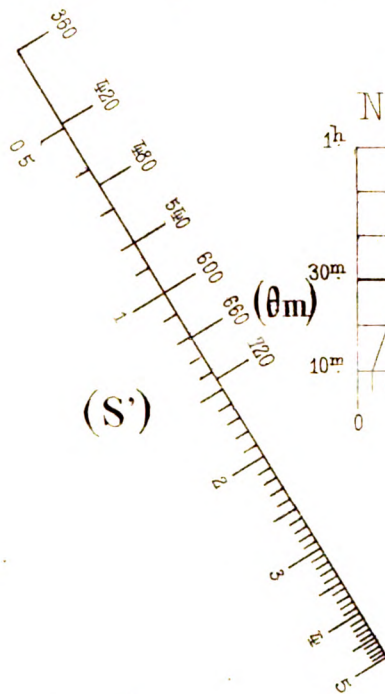
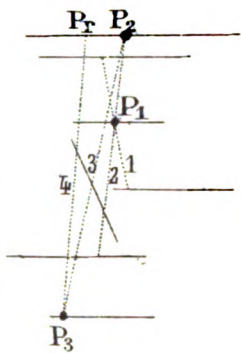
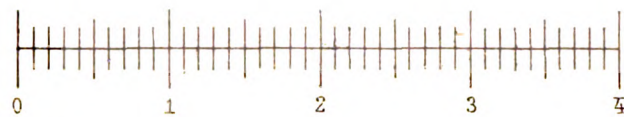
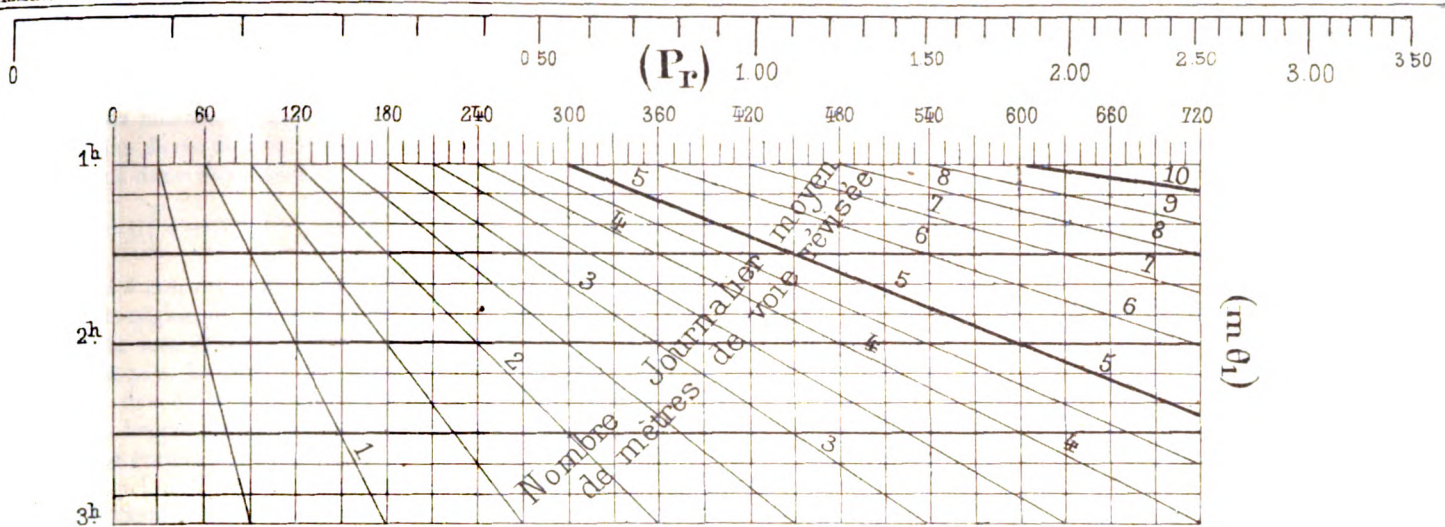
(1) *Annales des Mines*, septembre 1899.

FORMULE NOUVELLE DES SALAIRES

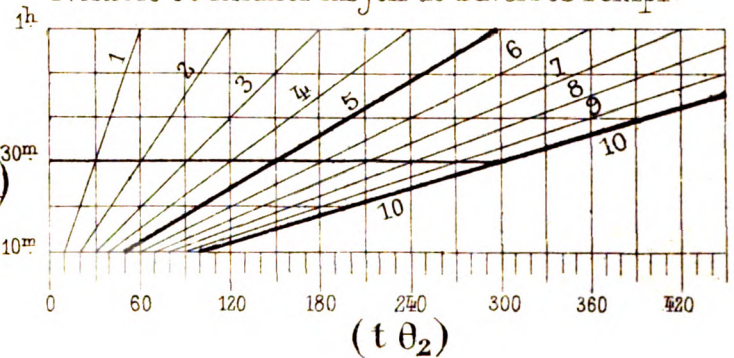
CHEMINS DE FER

APPLICATION A L'ENTRETIEN DES VOIES DE CHEMINS DE FER

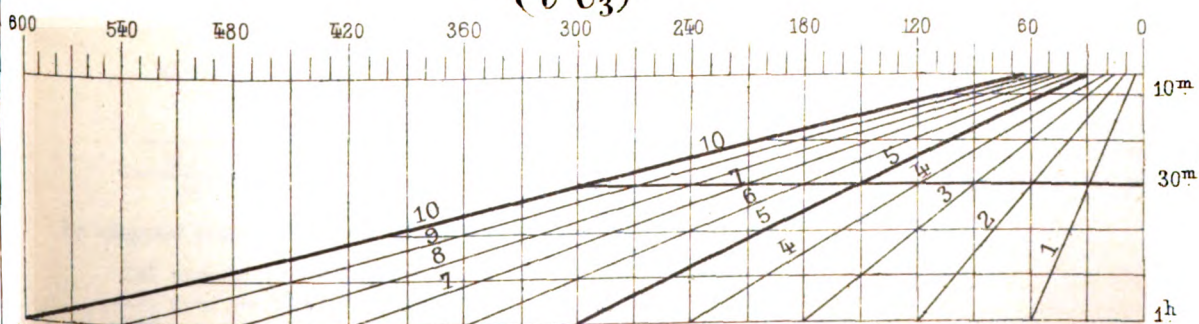
Pl. V.



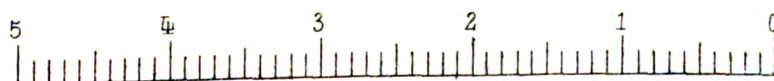
Nombre Journalier moyen de traverses rempl.



$(t' \theta_3)$



Nombre Journalier moyen de traverses resabotées



On aura de même la valeur de θ_m qui est de forme identique et correspond aux maxima maximorum de m , t , t' pour une journée de travail d'une durée déterminée.

Nous aurons donc finalement :

$$(5) \quad S = C \left[1 + K(1+n) \left(\frac{m\theta_1 + t\theta_2 + t'\theta_3}{\theta_m} \right)^2 \right].$$

Les valeurs θ entrant dans cette formule sont caractéristiques d'une certaine région où les conditions de travail dues à la composition de la voie et aux sujétions de l'exploitation ne varient pas ou varient peu. La zone unitaire pour laquelle, avec des valeurs particulières des θ , la formule (5) sera applicable, sera donc d'ordinaire la brigade, quelquefois le district, exceptionnellement une ligne tout entière.

Si nous appelons Pr le terme variable de (5) et qui constitue, comme nous l'avons dit, le stimulant, nous avons :

$$(5') \quad Pr = KC(1+n) \left(\frac{m\theta_1 + t\theta_2 + t'\theta_3}{\theta_m} \right)^2.$$

ou
$$Pr = S' \left(\frac{m\theta_1 + t\theta_2 + t'\theta_3}{\theta_m} \right)^2.$$

Nous allons faire de cette dernière formule une application numérique qui mettra en relief les considérations ayant servi à son établissement.

Sur la ligne secondaire de —, armée en rails D. C. S. de 38 kg 750 de 8 m posés sur 10 traverses en bois, dans du ballast en sable fin quartzeux, on peut, d'après les statistiques, allouer 60 minutes pour reviser 1 m de voie, 18 minutes pour remplacer 1 traverse, 8 minutes pour resaboter 1 traverse, et dans les circonstances les plus favorables, il peut être (pour une journée de 11 heures de travail effectif) :

Fait 8 m de revision correspondant en temps à . . .	480 m
Remplacé 4 traverses	72
Resaboté 6 traverses	48
D'où, ...	$\theta_m = 600$

D'autre part, les deux brigades A et B de cette ligne ont respectivement fourni : la première pendant une période équivalente à 44 journées de 11 heures, la deuxième à 90 journées un travail ayant reçu la note « Bon rendement » pour A, « rendement faible » pour B et se décomposant comme suit :

	A	B
Nombre de mètres de voie revisée . . .	300	300
Traverses remplacées	135	36
Traverses resabotées	94	312

équivalent en temps à :

A	B
18 000	18 000
2 430	648
752	2 496
$\frac{21 182}{44} = 480$	$\frac{21 144}{90} = 235$

En adoptant pour n la valeur 0,05 et pour le coefficient K :

0,65 pour le chef de brigade payé . . .	4,50 = C
0,55 pour les deux poseurs payés . . .	3,65 = C
0,50 — — — — —	3,50 = C

On a :

	Prime		Solde journalière	
	A	B	A	B
Chefs de brigade . . .	1,96	0,47	6,46	4,97
Premiers poseurs . . .	1,35	0,32	5,00	3,97
Deuxièmes poseurs . . .	1,17	0,28	4,67	3,78

Dans ces conditions, le prix de revient de l'unité de travail-heure est de :

Pour la brigade A :

$$[(4,50 + 1,96) + (3,65 + 1,35) \times 2 + (3,50 + 1,17) \times 2] \frac{60}{480} = 3,22.$$

Pour la brigade B :

$$(4,50 + 0,47) + (3,65 + 0,32) \times 2 + (3,50 + 0,28) \times 2 \frac{60}{235} = 5,22.$$

Or, elle a été payée :

$$(4,50 + 3,65 \times 2 + 3,50 \times 2) \frac{60}{480} = 2,35.$$

à la brigade A, et

$$(4,50 + 3,65 \times 2 + 3,50 \times 2) \frac{60}{235} = 4,80.$$

à la brigade B.

Le rapport $\frac{\text{prix de B}}{\text{prix de A}}$ qui est de 2 dans ce dernier cas, est abaissé à 1,6 dans le premier.

Ces résultats rapprochés apportent d'eux-mêmes une conclusion à la présente étude et suggèrent dans l'espèce une solution nouvelle du problème de la pièce de « cent sous » posé avec tant d'apréte ces derniers temps par les cheminots.

Afin de faciliter l'application de la formule (5'), nous en donnons (Planche V) le nomogramme tracé suivant la méthode dite des points alignés, due à M. l'Ingénieur en chef M. d'Ocagne et exposée par lui dans tous ses détails dans son « Traité de Nomographie ».

MODE D'EMPLOI DU NOMOGRAMME. — Au moyen d'un index tracé sur un transparent appliqué sur le nomogramme et que l'on fait passer par les points $(m, \theta_1; t, \theta_2)$ des échelles doubles correspondantes, on obtient à son intersection, avec le support d'une échelle auxiliaire, un premier pivot (que l'on peut matérialiser par une épingle) autour duquel on fait tourner cet index jusqu'à l'amener à recouvrir le point de côte (t', θ_3) . On détermine de cette façon sur le support de l'échelle Pr un deuxième pivot qui servira de nouveau centre de rotation à l'index pour l'amener encore sur le point convenable de l'échelle θ_m . Cette opération fixe un troisième et dernier pivot sur une nouvelle échelle auxiliaire et qui, avec l'aide du point S' , donnera à l'index une position finale dont la cote d'intersection avec l'échelle Pr sera la valeur recherchée de la prime. Ces diverses opérations sont schématisées par la figure placée à gauche de la planche (Planche V) donnant le nomogramme.

L. POTIN,

Attaché aux chemins de fer de l'Etat.

TRAVAUX PUBLICS

L'ÉLARGISSEMENT DU PONT DES ARCHES, A LIÈGE

Le pont des Arches (fig. 1) est un des plus beaux ponts de pierre de Belgique, jeté au-dessus de la Meuse. Construit il y a une cinquantaine d'années, cet ouvrage, qui livre passage à la route de Bruxelles à Aix-la-Chapelle et qui réunit les deux quartiers

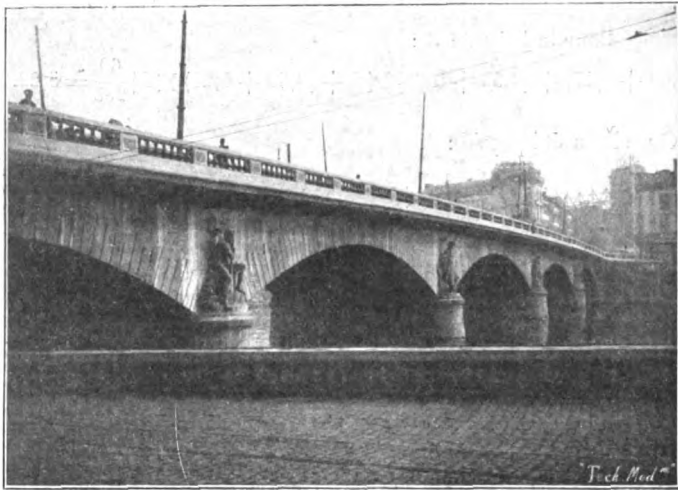


FIG. 1. — Pont des Arches à Liège. Vue d'ensemble.

les plus peuplés de Liège, était, depuis quelques années, absolument insuffisant pour livrer passage aux véhicules, à trois lignes de tramways et aux piétons. Sa largeur, entre tympans, était de 13 m avec une chaussée de 8 m de largeur et deux trottoirs de 2 m de largeur utile; la longueur totale, entre culées, est de 126 m, avec une arche centrale de 27 m, deux arches intermédiaires de 23^m,50 et deux arches marinières de 20 m;



FIG. 2. — Pont des Arches à Liège. Chantier de fabrication et de manutention des dalles; une dalle est soulevée pour envoyer au chargement sur bateau.

L'épaisseur des quatre piles aux retombées des arcs est de 2^m,50. L'élargissement du pont était devenu une nécessité absolue, et comme il ne paraissait pas possible de supprimer, même pendant quelques jours, la circulation des tramways, véhicules et

piétons, M. Cornet, ingénieur en chef, directeur des Ponts et Chaussées, imagina d'employer des dalles en béton armé, préparées d'avance, et de venir les placer en bascule pour constituer rapidement l'encorbellement nécessaire.

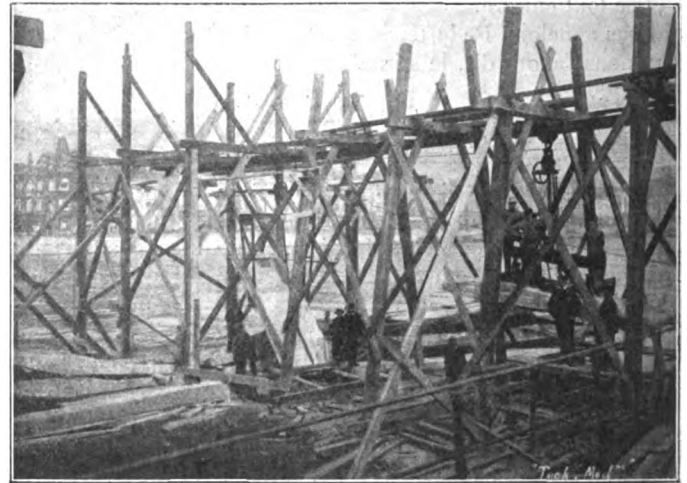


FIG. 3. — Pont des Arches à Liège. Chantier de manutention des dalles. A droite, une dalle vient du chantier de fabrication; à gauche, une dalle que l'on va retourner, puis poser sur le bateau, à côté des deux autres que l'on voit déjà chargées.

M. Cornet s'adressa à M. Prax pour l'exécution des travaux, et celui-ci ayant soumis le programme à la maison Hennebique, présente le projet qui fut agréé par M. Cornet et par le Service des Ponts et Chaussées.

Ces dalles ont, en plan, 1^m,60 de longueur sur 5 m de largeur,

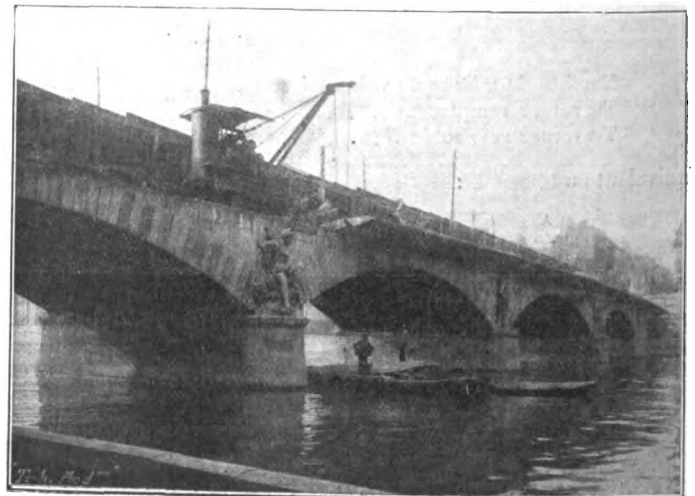


FIG. 4. — Pont des Arches à Liège. Montage des dalles.

dont 3 m reposant sur les maçonneries du pont et 2 m en porte à faux. Elles sont constituées par un hourdis de 12 cm d'épaisseur, raidi sur les longs côtés par deux nervures, de manière à présenter vers l'extérieur la section d'un U renversé et vers les maçonneries la section d'un U droit. Cette disposition permet de

mettre le dallage du trottoir directement dans le hourdis par la partie du côté du vide, tandis que dans la partie au-dessus du pont on coule un remplissage en béton pour augmenter la masse du contrepoids. Ces dalles une fois placées côte à côte et réglées ont été réunies, dans le sens longitudinal du pont, par deux poutres en béton armé dont les armatures ont été reliées à celles qu'on avait laissé émerger spécialement.

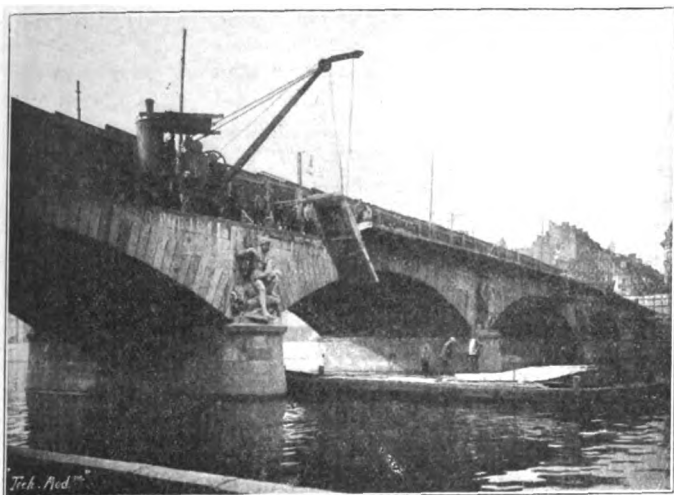


FIG. 5. — Pont des Arches à Liège. Une dalle est montée pour la mise en place.

Pour plus de sécurité et malgré que, par leur seul contrepoids, le coefficient de stabilité des dalles soit d'environ 2,5, chacune des dalles a été scellée dans la maçonnerie du pont à l'aide de trois doguets ronds de 32 mm pénétrant de 60 cm à 80 cm dans la pierre dure. Les 144 dalles nécessaires à ce travail ont été fabriquées un mois à l'avance sur un emplacement disponible au bord de la rivière, à une centaine de mètres en aval du pont.

La figure 2 (page 490) montre le chantier de confection des

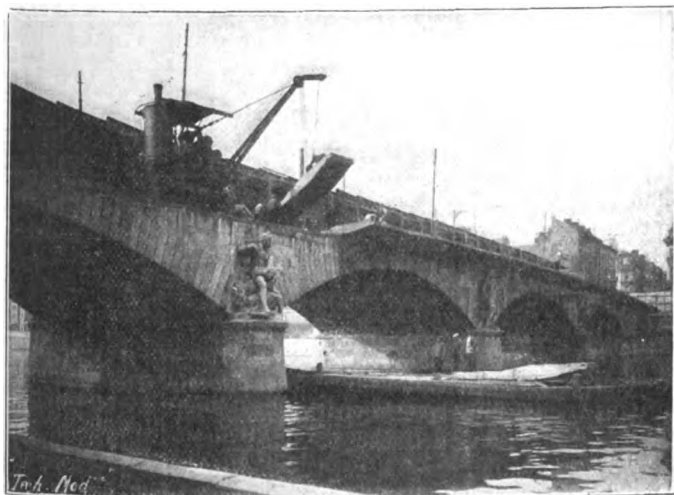


FIG. 6. — Pont des Arches à Liège. Pose et réglage d'une dalle.

dalles : une série de fermes de 6 m de portée, espacées de 3^m,50 environ, supporte un rail en fer sur l'aile inférieure duquel roule le chariot porte-palan. Les dalles pèsent près de 4 000 kg; elles sont coulées sens dessus dessous sur formes en sable recouvertes de papier fort; les nervures seules sont coulées entre coffres en bois. La raison de cette disposition est que, pendant le durcissement du béton, une équipe de cimentiers exécutait les enduits simili-pierre sur la partie vue des dalles. Celles-ci une fois en place, le ravalement se réduisait ainsi à un simple rejointoyage

et à quelques raccords faciles à faire avec un échafaudage volant. Dans les nervures, on a ménagé, à l'aide de tubes en fer noyés dans le béton, à l'emplacement du centre de gravité de la dalle, le passage d'un tourillon en acier, pour permettre de retourner facilement la dalle et de la saisir commodément pour la mettre en place sur le pont. Les dalles étant soulevées et saisies à l'aide d'une puissante louve, dix jours après leur fabrication, étaient

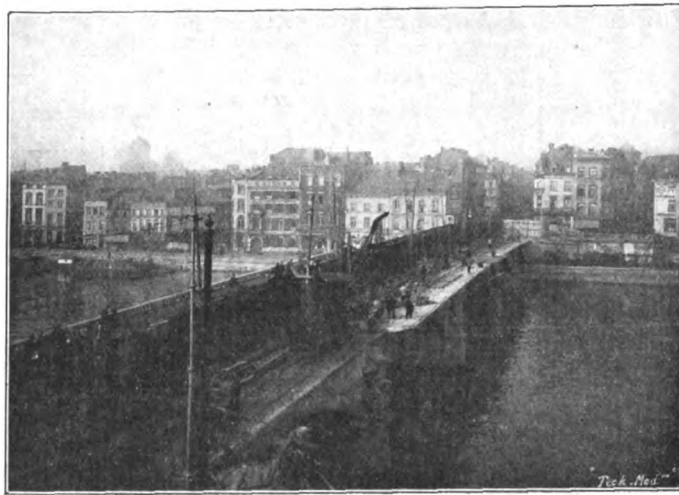


FIG. 7. — Pont des Arches à Liège. Vue du chantier (côté aval).

conduites au bord de la rivière, où on les empilait en attendant leur durcissement complet et leur emploi.

Quand la moitié des dalles nécessaires ont été fabriquées, on a pris sur le pont une bande de 4 m de largeur, jugée suffisante pour l'exécution des travaux, de sorte qu'il restait encore un trottoir et 6 m de chaussée disponible. Le garde-corps en pierre de taille a été enlevé à la grue à vapeur; puis, une fois les trottoirs démolis, on a dressé, avec du béton, la surface d'assise des dalles



FIG. 8. — Pont des Arches à Liège. Vue du pont et d'un raccordement (amont); on travaille encore à la partie centrale.

et on a procédé à la pose. Les dalles saisies par le tourillon ont été retournées, puis posées sur un bateau; deux bateaux faisaient la navette entre le chantier de chargement et le pont, où la grue procédait au déchargement et à la pose des dalles.

Les figures 3, 4 (page 490), 5, 6 et 7 montrent nettement les différentes phases du travail qui a été d'ailleurs rapidement exécuté. En effet, les dalles ont été entièrement posées sur le côté amont en cinq jours, puis sur le côté aval en quatre jours. La pose du

garde-corps en pierre, ainsi que des bordures et du pavage du trottoir suivaient de près, de telle sorte que le côté amont a été livré au public six semaines après le commencement de l'enlèvement du garde-corps et le côté aval cinq semaines après.

Les raccordements de la chaussée et des trottoirs du pont avec les chaussées et les trottoirs des rues avoisinantes, par suite du porte à faux considérable, ont été construits directement par bétonnages dans des coffrages supportés facilement au-dessus des chemins de halage et contre-halage. La figure 8 (page 491)

montre l'un des raccordements rive droite. Les dalles en béton armé sont à peu près cachées par un cordon en pierre moulurée, surmontée par un garde-corps en pierre de taille : la partie inférieure de ces dalles seule est vue, et l'enduit imitation pierre s'harmonise fort bien avec l'ensemble ; il en résulte que le travail effectué, loin d'enlever à l'esthétique primitif du pont, donne au contraire, à celui-ci, un cachet de légèreté qui rehausse la valeur de l'ouvrage d'art.

H. P.

MÉTALLURGIE

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES TRAITEMENTS THERMIQUES⁽¹⁾

(Suite.)

CHANGEMENTS D'ÉTAT DE L'ACIER. — Dans les aciers, les modifications les plus intéressantes à considérer sont celles qui correspondent aux points critiques, soit à l'échauffement, soit au refroidissement. On sait que la transformation au refroidissement est plus ou moins complète suivant la vitesse avec laquelle un acier traverse la zone des températures critiques. Cette propriété constitue le phénomène de la trempe. La loi de variation de la vitesse $\frac{\partial V}{\partial t}$ en raison inverse du carré des profondeurs explique les différences constatées, dans l'énergie de la trempe, entre les couches superficielles et les couches profondes, surtout quand il s'agit de pièces de grandes dimensions.

Pour la transformation à l'échauffement, l'influence de la vitesse de passage dans la zone des températures critiques n'a pas été étudiée spécialement. On admet que le seul fait d'avoir traversé cette zone assure la réalisation du changement d'état, indépendamment de la vitesse. Il y aurait peut-être une étude expérimentale intéressante à entreprendre sur l'influence de la vitesse de passage dans la zone critique, tant à l'échauffement qu'au refroidissement. Il ne semble pas absurde de se demander si cette vitesse, dont l'influence lors du refroidissement est si bien constatée et utilisée, ne joue pas également un rôle appréciable, au point de vue du résultat final du phénomène, en ce qui concerne la transformation à l'échauffement.

D'autre part, la vitesse de passage à travers la zone critique, soit à l'échauffement, soit au refroidissement, ne réagit-elle pas sur la position de cette zone dans l'échelle des températures ? Une étude expérimentale méthodique de ces phénomènes permettrait de se rendre compte si les zones de température critiques sont indépendantes des vitesses de passage ou si elles en dépendent et suivant quelle loi.

Remarque. — MM. Heyn et Bauer ont énoncé, comme conclusion de leurs expériences, la règle suivante : « L'état final des traitements, trempe et revenu, dépend du temps durant lequel le métal a été maintenu pendant l'échauffement, dans le cas du revenu, pendant le refroidissement, dans le cas de la trempe, dans chaque intervalle élémentaire de température entre le point critique et la température ordinaire. » — « En d'autres termes, comme le dit M. L. Guillet, si un acier trempé à fond, qui est par suite à l'état martensitique, est maintenu au revenu pendant n secondes entre t et t' degrés, on obtient le même effet que si pendant la trempe on avait mis également n secondes à franchir l'intervalle $t' - t$. » — Cette règle montre que, pour les aciers

ayant subi la trempe, qui se trouvent dans un état d'équilibre instable, il y a entre V et $\frac{\partial V}{\partial t}$ une relation indépendante du signe

de $\frac{\partial V}{\partial t}$ et dépendant seulement de la valeur absolue de $\frac{\partial V}{\partial t}$.

Cela est vrai pour les valeurs de V inférieures au point critique. Les aciers en état d'équilibre instable sont donc susceptibles d'une réversibilité rigoureuse de leurs propriétés physico-chimiques, tant qu'ils ne sont pas retournés à l'état stable.

Dans ce qui précède, nous avons étendu au cas du refroidissement les conclusions déduites de l'étude analytique de la loi de réchauffage d'un mur métallique. Les deux problèmes sont en effet identiques, au point de vue analytique.

D'autre part, s'il s'agit de corps de formes quelconques, la loi de réchauffage ou de refroidissement peut être d'une nature très complexe et parfois inabordable à l'analyse. On doit donc considérer les résultats obtenus et les principes énoncés dans le cas du mur comme des indications générales sur ce qui se passe dans le cas de formes plus compliquées.

DISCUSSION DES CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT ET D'APPLICATION DE LA LOI $V(x, t)$. — Avant d'aller plus loin, il est nécessaire de formuler quelques observations importantes sur les conditions d'établissement et d'application de la loi analytique d'établissement du régime permanent : $V(x, t)$.

On a supposé implicitement, pour établir cette loi :

1° Que la face maintenue à température V_1 se trouvait à cette température dès le début du chauffage ;

2° Que les échanges de chaleur entre le milieu à V_1 et le corps chauffé ne dépendaient que de V_1 et de V_0 (et des caractéristiques du corps chauffé : C , δ et K), mais nullement de la nature du milieu chauffant.

Ces deux hypothèses ne correspondent pas à la réalité physique.

Considérons un milieu *infini* à température fixe V_1 ; cette conception correspond à peu près au cas réel d'un milieu maintenu à une température constante, à l'aide d'une source de chaleur convenablement réglée. Introduisons brusquement dans ce milieu un corps froid, par exemple une pièce métallique à température $V_0 < V_1$. Dans le voisinage du corps froid, l'équilibre thermique, caractérisé par V_1 , est brusquement détruit. Cette rupture d'équilibre devient l'origine d'une série de réactions calorifiques du corps sur le milieu et réciproquement. L'ensemble de ces réactions peut être conçu comme une sorte de percussion, destructrice de l'équilibre thermique, subie par le milieu et contre laquelle il tend à réagir, en vertu de la quantité de chaleur

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 8 (août 1911), p. 437.

(supposée indéfinie) contenue dans les couches plus éloignées du corps froid. De même, un corps élastique brusquement déformé tend à revenir dans son état primitif d'équilibre interne, en vertu de l'énergie élastique qu'il contient.

La surface du corps chauffé n'est donc pas maintenue, dès le début du chauffage, à une température fixe V_1 .

Au début, la température de cette surface varie constamment suivant une loi complexe, mais en restant toujours inférieure à V_1 . Par suite, les variations réelles de V et de $\frac{\partial V}{\partial t}$ sont moins rapides que ne l'indique la loi théorique $V(x, t)$. Elles seront atténuées dans une mesure qui dépend de la nature du milieu chauffant et en particulier des caractéristiques C , δ et K relatives à ce milieu.

L'expérience la plus élémentaire montre d'ailleurs que le temps nécessaire au chauffage complet ou au refroidissement complet d'un corps dépend essentiellement de la nature du milieu chauffant ou refroidissant.

INTERPRÉTATION PHYSIQUE DE L'EXPRESSION $\sqrt{\frac{C\delta}{K}}$. — Reprenons la formule :

$$V(x, t) = V_1 - (V_1 - V_0) \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u e^{-u^2} du; \text{ avec : } u = \sqrt{\frac{C\delta}{4K}} \frac{x}{\sqrt{t}}.$$

Considérons deux murs chauffés entre V_0 et V_1 , mais de natures différentes, c'est-à-dire tels que $\sqrt{\frac{C\delta}{K}}$ ne soit pas le même.

On voit qu'en un point donné (x étant le même) et au même instant t du chauffage, V sera plus petit dans le cas où $\sqrt{\frac{C\delta}{K}}$ est le plus grand. On pourrait donc considérer cette expression comme une sorte de « coefficient de l'inertie thermique » d'un corps. Ce coefficient caractérise la résistance qu'une substance oppose aux variations de température; plus il est élevé, moins est grande la variation de température produite par un flux de chaleur défini, agissant pendant un temps déterminé. La conception de l'inertie ou de la stabilité thermique se justifie par une certaine similitude avec la stabilité dynamique d'un corps en mouvement.

L'inertie thermique s'oppose aux variations d'équilibre thermique, de même que l'inertie d'un corps s'oppose aux variations de l'équilibre mécanique.

Dans les phénomènes d'échauffement et de refroidissement, on peut dire que le rapport des coefficients d'inertie thermique des corps en présence joue un rôle primordial. La loi $V(x, t)$, telle que nous l'avons établie, correspondrait rigoureusement au cas idéal d'un milieu chauffant ayant une inertie thermique infinie.

Dans l'ordre d'idées que suggère l'interprétation physique du coefficient $\sqrt{\frac{C\delta}{K}}$, il serait peut-être intéressant d'entreprendre une étude expérimentale méthodique de différentes substances, pour essayer de déterminer la relation entre ces coefficients et la marche des phénomènes de refroidissement ou d'échauffement. Dans une première série d'expériences, on pourrait, par exemple, à l'aide d'un couple thermoélectrique, placé au centre d'une sphère formée d'un métal n'ayant pas de points de transformation (dans les limites de l'expérience), déterminer le temps mis par cette sphère pour passer d'une température déterminée T à une autre température déterminée T' quand on la plonge dans des milieux [à la température T'] ayant des coefficients $\sqrt{\frac{C\delta}{K}}$ différents, mais aussi identiques que possible au point de vue des propriétés telles que la viscosité. Si l'on obtenait ainsi une relation simple entre ces coefficients $\sqrt{\frac{C\delta}{K}}$ et les temps de passage de T à T' , on pourrait ensuite comparer, par des expériences

analogues, des milieux différents, non seulement par leurs coefficients $\sqrt{\frac{C\delta}{K}}$, mais par leurs autres propriétés, telles que la viscosité et déterminer ainsi, par différence, l'influence propre de ces autres propriétés. Une telle recherche serait d'un intérêt tout particulier pour l'étude des liquides de trempe. Elle fournirait peut-être un moyen de classer ces liquides d'une manière précise et même de prévoir, *a priori*, la valeur d'une substance comme milieu refroidissant, d'après la connaissance de son coefficient $\sqrt{\frac{C\delta}{K}}$ et de sa viscosité.

Il ne faudrait pas oublier, dans les recherches que nous venons d'indiquer, que $\sqrt{\frac{C\delta}{K}}$ varie avec la température. On devrait donc se tenir en garde contre une extension trop large des résultats obtenus entre des limites de température déterminées.

Dilatations et tensions pendant le chauffage et le refroidissement.

I. DILATATIONS. — Considérons le cas d'un mur chauffé suivant la loi :

$$V(x, t) = V_1 - (V_1 - V_0) \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u e^{-u^2} du;$$

avec

$$u = \sqrt{\frac{C\delta}{4K}} \frac{x}{\sqrt{t}}.$$

Soit l_0 la longueur à V_0 d'un élément pris dans une couche distante de x de la face maintenue à V_1 . A la température V , on a :

$$l = l_0 + l_0 \lambda [V - V_0],$$

en négligeant les termes en $(V - V_0)^2$, etc... La dilatation est :

$$y = \Delta l_0 = l - l_0 = l_0 \lambda [V_1 - V_0] \left[1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u e^{-u^2} du \right].$$

Pour une valeur donnée $t = 0$, la courbe qui représente la variation de $y = \Delta l_0$ en fonction de x est une courbe déduite de la courbe (fig. 7) :

$$y = 1 - \Theta(u);$$

où :

$$u = \sqrt{\frac{C\delta}{4K}} \frac{x}{\sqrt{t}}.$$

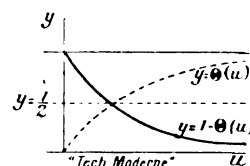


FIG. 7.

Cette dernière courbe est la courbe symétrique de $y = \Theta(u)$ par rapport à la droite $y = \frac{1}{2}$. En multipliant toutes les ordonnées de cette courbe $y = 1 - \Theta(u)$ par le facteur : $l_0 \lambda (V_1 - V_0)$, et toutes ses abscisses par :

$$\sqrt{0} \sqrt{\frac{4K}{C\delta}},$$

on aura la courbe représentative de Δl_0 en fonction de x , pour une valeur donnée du temps $t = 0$.

Imaginons un cylindre découpé dans le mur perpendiculairement à ses faces et ayant pour section méridienne à V_0 les droites AB et CD. Pendant la durée de l'échauffement, il se transforme en une série de surfaces de révolution engendrées par des courbes méridiennes telles que A_1B_1, C_1D_1 qui sont la série des courbes déduites de $\Theta(u)$ pour les valeurs successives de t . A mesure que t augmente, ces courbes tendent à se confondre avec les droites A_1B_1 et C_1D_1 , correspondant à la réalisation de la température uniforme V_1 .

Dans le cas du refroidissement ($V_1 < V_0$), il faudrait envisager

**

des courbes analogues aux précédentes, mais renversées. Quand t augmente, elles tendent vers les droites A_1B_1 et C_1D_1 .

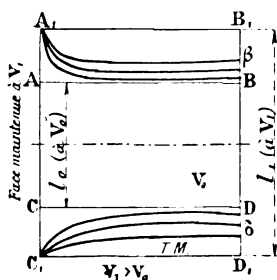


FIG. 8.

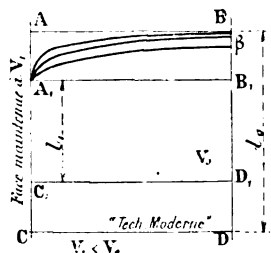


FIG. 9.

Remarque. — Les courbes données par les figures 8 et 9 ont simplement pour but d'indiquer l'allure générale du phénomène.

Une analyse tout à fait exacte et complète de la question devrait tenir compte de plusieurs faits accessoires :

1° Comme nous l'avons indiqué précédemment, la température de la face chauffée ou refroidie n'est pas dès le début du phénomène égale à V_1 . Cette circonstance tend, dans l'un et l'autre cas, à redresser les courbes, plus ou moins, suivant la nature du milieu chauffant ou refroidissant ;

2° Dans le cas du chauffage, il se produit une dilatation dans le sens de l'épaisseur du mur. Cette dilatation tend à redresser les courbes. Dans le cas du refroidissement, il y a une contraction dans le sens de l'épaisseur et cette contraction accentuée, au contraire, la courbure des courbes, surtout au voisinage de la face refroidie.

(A suivre.)

M. A.,

Ancien élève de l'École Polytechnique.

MÉTALLURGIE

ÉTUDE D'UN ACIER SPÉCIAL DE CÉMENTATION

Les opérations de la cémentation qui, il n'y a pas encore bien longtemps, présentaient un caractère mystérieux, sont de mieux en mieux connues grâce aux nombreux travaux que les savants de tous les pays leur ont consacrés depuis quelques années.

On a pu élucider l'action des facteurs prépondérants de cette cémentation ; on a examiné avec soin l'influence de la nature de l'acier et du ciment employés, du temps et de la température de cémentation. Les résultats de la cémentation sont, en effet, fonction de ces facteurs. Il faut ajouter, d'ailleurs, que les traitements qu'on fait subir à l'acier cémenté, aussitôt après cette cémentation, ont également leur influence sur les résultats qu'on doit attendre de l'acier en service. On n'a pas oublié de porter les investigations sur ce côté de la question.

Le problème est complexe ; son étude a amené à la prohibition de certaines compositions d'acier, de certains modes de cémentation en faveur d'autres dont on a obtenu entière satisfaction. Bref, on a fait de réels progrès dans ce domaine de la technique, et ce n'est pas là une superfétation, étant donné les quantités considérables d'aciers cémentés utilisés dans l'industrie.

Nous avons demandé à MM. Béguin frères, de Paris, de mettre à notre disposition un certain nombre de barres d'un acier de cémentation qui a fait ses preuves pour étudier quelques points, à notre avis, insuffisamment éclaircis se rapportant à la cémentation et aux traitements thermiques préconisés, avec beaucoup de logique d'ailleurs, par certains savants français. Ce travail préciserait donc leurs théories, au moyen de chiffres soigneusement établis et mettra en lumière, nous l'espérons, quelques faits nouveaux.

L'acier étudié nous a été fourni en barres carrées de 25 mm de côté, brutes de laminage.

Nous avons examiné comment le temps et la température de cémentation agissaient sur lui, soit dans la totalité de sa substance, soit dans l'une ou l'autre de ses parties.

Il ne faut pas oublier, en effet, qu'une barre d'acier cémentée a une organisation hétérogène, sa surface est d'une tout autre composition que son âme. C'est là d'ailleurs le but de la cémentation : produire sur une pièce d'acier, peu carburé généralement, une couche d'acier plus carburé qui, après trempe, aura une grande dureté alors que l'âme sous-jacente sera encore malléable.

Tout l'art du cémenteur consiste à réaliser ces conditions, en

opérant avec assez de soins et de méthodes adéquats, pour que la couche dure soit unie à l'âme par une adhérence telle que cette couche n'ait pas de tendances à s'en détacher sous les efforts mécaniques que l'ensemble aura à subir à l'usage.

L'influence du temps a été mise en évidence en adoptant deux durées de cémentation : quatre heures et huit heures.

Celle de la température l'a été en effectuant la cémentation à 850° et à 1 000°.

L'influence des traitements thermiques après cémentation a été démontrée par les opérations suivantes : les échantillons, cémentés comme il est dit ci-dessus, ont été soit laissés bruts de cémentation, soit trempés une fois, soit trempés deux fois.

Cette opération de la double trempe a été préconisée, à juste titre, pour donner à l'âme des pièces cémentées une malléabilité que la cémentation leur a fait perdre. On verra par les résultats ci-après qu'il en est ainsi pour l'acier que nous avons étudié. L'acier doux ou dur, sous l'effet des températures élevées et des temps prolongés nécessaires pour une carburation suffisante du métal, devient cristallin et cassant ; souvent, une simple trempe ne suffit pas pour le restaurer. En ayant soin de tremper deux fois, une première fois à une température supérieure au point de transformation le plus élevé de l'âme douce de la pièce cémentée (qui est à 870° environ), une deuxième, au-dessus du point de recalcence de la couche carburée (720°), on obtient d'excellents résultats, comme on le verra plus loin.

Dans nos divers traitements, nous avons trempé les barrettes d'essai comme suit :

Barrettes n'ayant subi qu'une simple trempe : à 850°-875°.

Barrettes ayant subi la double trempe : La première à 950°-1 000° ; la deuxième à 800°-825°.

La trempe a été faite dans un grand bac d'eau à la température de 12°, après refroidissement préalable complet des barrettes dans leurs boîtes de cémentation.

Pour mettre en lumière l'influence propre du ciment, on a soumis aux mêmes temps de chauffage et aux mêmes traitements thermiques des éprouvettes identiques à celles cémentées, mais au lieu de placer ces éprouvettes de comparaison dans la poudre carburée, on les a mises dans de la cendre.

Ajoutons que les éprouvettes étaient enfermées dans des

tubes en fer, obturés aux deux extrémités et étaient complètement recouvertes de ciment ou de cendre suivant le cas.

Le ciment employé était actif et servait journellement à des pièces industrielles.

Les opérations ont été effectuées par les soins d'une usine spécialiste des environs de Paris et nous les avons suivies du commencement à la fin. Les résultats obtenus sont relatés ci-après.

I. — Essais des barrettes entières.

a) DÉFORMABILITÉ DES PIÈCES CÉMENTÉES. — Malgré sa couche carburée et dénuée de malléabilité (surtout après trempe), une

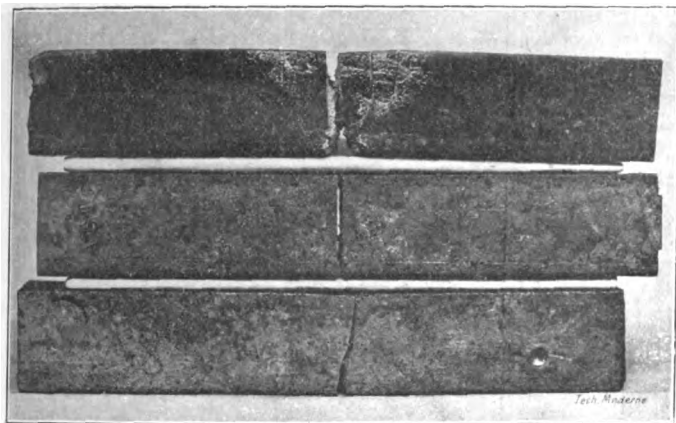


FIG. 1. — Pliages de barreaux cimentés pendant 8 heures à 1000° : barreau inférieur, non trempé ; barreau médian, trempé une fois ; barreau supérieur, trempé deux fois.

pièce cimentée doit être légèrement déformable, sinon, l'on ne parvient pas à lui faire subir les petits redressements qui s'imposent après la trempe.

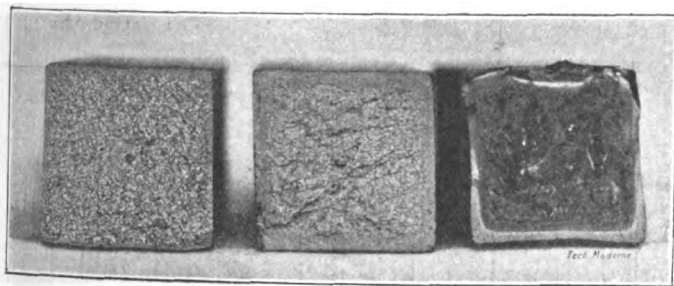


FIG. 2. — Cassures de barreaux cimentés pendant 8 heures : barreau de gauche, non trempé ; barreau médian, trempé une fois ; barreau de droite, trempé deux fois.

Nous avons examiné comment se comportaient à cet égard les barrettes cimentées le plus longtemps (huit heures) à la plus haute température (1000°) et on pourra juger des résultats obtenus par l'examen de la figure 4, où sont représentées les trois éprouvettes ayant subi les opérations de cimentation comme il a été dit précédemment.

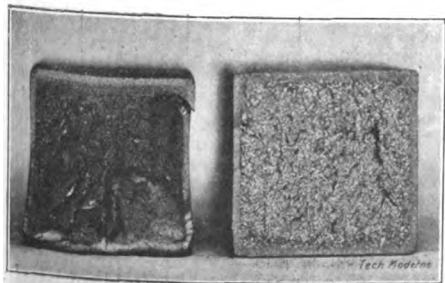


FIG. 3. — Cassures de barreaux cimentés pendant 8 heures à 850° : barreau de droite, trempé une fois ; barreau de gauche, trempé deux fois.

trempe, la barrette médiane a subi une simple trempe et la barrette supérieure la double trempe. Les deux premières se sont rompues sans aucune déformation, la troisième a légèrement fléchi avant de se rompre, sa couche cimentée s'est fendillée et on peut voir que la partie fendillée présente une légère courbure qui témoigne de son extension sous l'effet de la flexion. C'est là la première occasion que nous avons de montrer l'excellent effet de la double trempe.

Mais la figure 2 sera bien plus démonstrative encore. Elle se rapporte aux cassures des trois précédents barreaux. La cassure de gauche est celle du barreau cimenté pendant huit heures à 1000° et non trempé ; celle du milieu est relative au barreau cimenté dans les mêmes conditions et trempé une fois ; enfin, celle de droite, au barreau trempé deux fois. On remar-

quera le grain grossier du métal après la longue durée de la cimentation non suivie de trempe. Pour tout homme du métier, c'est là l'indice d'un surchauffage funeste et la caractéristique d'un métal cassant. La trempe simple donne une cassure à grains fins avec de petits arrachements, mais la double trempe confère au métal un nerf magnifique, indice d'un métal non fragile.

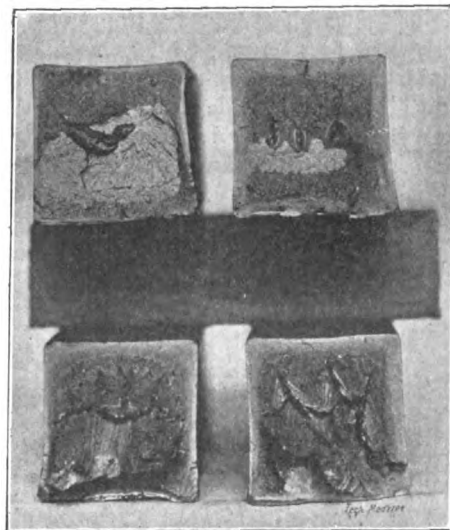


FIG. 4. — Cassures de barreaux cimentés pendant 4 heures à 850° et à 1000° : barreaux de gauche cimentés pendant 4 heures à 850°, le barreau supérieur trempé une fois, le barreau inférieur trempé deux fois ; barreaux de droite cimentés pendant 4 heures à 1000°, le barreau supérieur trempé une fois, le barreau inférieur trempé deux fois.

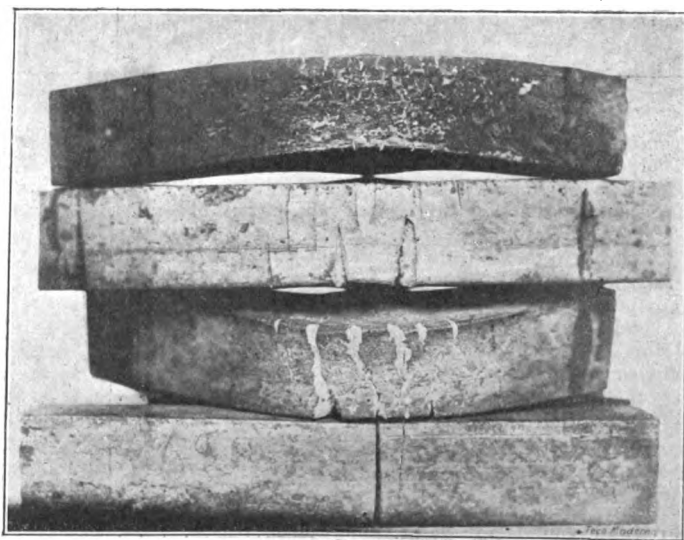


FIG. 5. — Pliages de barrettes cimentées et non trempées : 1^{re} barrette, en partant du haut, cimentée pendant 4 heures à 850° ; 2^e barrette, cimentée pendant 8 heures à 850° ; 3^e barrette, cimentée pendant 4 heures à 1000° ; 4^e barrette, cimentée pendant 8 heures à 1000°.

Disons que les trois barreaux ont été rompus par la même personne avec un fort balancier et à coups violents.

Les mêmes constatations peuvent être faites, d'ailleurs, sur les barreaux ayant de moindres temps ou de moindres températures

de cémentation, comme les figures 3 et 4 (page 495) le prouvent. La figure 3 montre, à droite, la cassure d'un barreau cimenté pendant huit heures à 850° et trempé une fois; à gauche, celle d'un barreau cimenté exactement de même, mais trempé deux fois. Le contraste, là encore, est frappant. Les mêmes observations pourraient être faites après les cémentations de quatre heures, dans une moindre mesure évidemment (voir fig. 4).

Il ne faudrait pas croire que ce soit à la couche cimentée qu'on doive les différences de résultats dans les pliages et les cassures, c'est-à-dire la trempe de cette couche n'a pas pour effet d'enlever, au métal sous-jacent, une malléabilité que celui-ci a perdu plus ou moins, par suite de son maintien pendant un certain temps à une température plus ou moins élevée. Les éprouvettes de la figure 5 (page 495) le prouvent bien. Aucune d'elles n'a été trempée, bien que toutes aient été cimentées. Les éprouvettes supé-

rieures l'ont été à 850° respectivement pendant quatre et huit heures, celles du bas de la figure, à 1000° pendant quatre et huit heures également. On constate qu'à mesure que le temps de chauffage augmente, les pliages des barrettes diminuent pour une même ouverture des fissures de la couche cimentée. Et pour la barrette cimentée le plus longtemps, on a une cassure nette, sans aucune déformation.

L'on peut en conclure que le métal souffre surtout de la longueur de l'opération de la cémentation, longueur qu'on ne peut malheureusement réduire à son gré, quand il s'agit de produire une couche carburée un peu épaisse. La trempe a fort heureusement le grand avantage de redonner de la malléabilité au métal, surtout si elle est pratiquée deux fois comme on vient de le démontrer.

(A suivre.)

Pierre BREUIL.

GÉNIE MARITIME

LES APPLICATIONS FRIGORIFIQUES A BORD DES NAVIRES DE GUERRE

RÉFRIGÉRATION ET VENTILATION DES SOUTES A POUDRES B (1)

(Suite.)

On a fait, aux machines à acide carbonique, deux catégories de reproches principaux :

1° *Hautes pressions.* — Ce reproche n'est pas justifié si on

pour la construction des compresseurs à acide carbonique, si on considère la nature des essais auxquels on soumet les organes sous pression, et surtout si on compare ces pressions, qui

TABLEAU IV. — APPAREIL FRIGORIFIQUE

Garanties données pour les machines frigorifiques à CO₂. — Température de l'eau de condensation : + 32 ; Température de la saumure : - 10.

MATRICULE DE LA MACHINE FRIGORIFIQUE : 108	ESSAI DE PUISSANCE DE L'UNITE								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Relevées :</i>									
Température de la saumure à l'entrée de l'évaporateur T ₁	15,7	15,5	15,5	15,8	15,8	15,5	15	15,4	15,8
Température de la saumure à la sortie de l'évaporateur T ₂	14,47	14,36	14,29	14,59	14,47	14,42	13,68	14,35	14,5
Débit de la pompe à saumure Q	13 708	13 727	14 147	13 881	13 843	13 785	13 958	13 939	13 8
Puissance frigorifique en frigories-heure F = Q(T ₁ - T ₂)	16 860	15 648	17 117	16 796	18 411	14 887	18 424	14 635	18 0
Température ambiante t	16	16	16	16	14	14	14	14	17
Température de l'eau de circulation à l'entrée du condenseur θ ₁	32	32	32	32,5	32	32,2	32,2	32,4	32,6
Température de l'eau de circulation à la sortie du condenseur θ ₂	33	33	33	33,5	33	32,7	33	33	33,4
Débit de la pompe de circulation Q'	12 091	12 091	12 784	12 899	13 323	11 975	12 437	12 360	13 0
Puissance absorbée par le compresseur en chevaux-vapeur f	7,7	6,9	7,82	7,64	7,28	8,16	7,3	7,68	7,4
Puissance fournie en frigories-heure Φ = Q'(θ ₁ - θ ₂) + F. (Φ étant donnée à titre de vérification approximative de F, E équivalent thermique du cheval).	16 988	16 479	17 757	17 758	17 953	11 177	14 592	12 300	15 1
Pression de CO ₂ à la sortie du condenseur	86	86	84	84	84	84	84	84	84
Pression de CO ₂ à l'entrée de l'évaporateur	39	39	40	40	40	39	38	40	40
Pression d'admission de la vapeur au moteur	4	3,5	3,75	3,50	3,4	3,5	3,4	3,3	3,2
Pression d'huile de graissage au moteur	1,95	1,75	1,75	1,75	1,75	1,8	1,8	1,8	1,7
Pression de la pompe de circulation	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Nombre de tours au moteur	260	233	250	250	250	265	260	250	250
Nombre de tours à la pompe de circulation	156	140	150	150	150	160	156	150	150

examine la résistance et l'élasticité des métaux spéciaux employés

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 6 (juin 1911), p. 325; n° 7 (juillet 1911), p. 407, et n° 8 (août 1911), p. 445.

dépassent rarement 85 kg par centimètre carré (tableau III) (1), à celles cinq ou six fois plus élevées qui règnent en permanence

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 8 (août 1911), p. 448.

et sans inconvénient dans certains appareils hydrauliques ;
 2° *Point critique.* — On objecte, à ce sujet, que les machines à acide carbonique ne peuvent pas fonctionner lorsque la température de l'eau de condensation est supérieure à la température critique de l'acide carbonique, reconnue comme étant voisine de 31°,5 C.

Formulée de cette façon, cette objection n'est pas exacte. Ce qu'on peut dire seulement, c'est que, pour des eaux chaudes à la température de 32° C par exemple, le rendement des machines à acide carbonique subit une diminution un peu plus accentuée que celui des machines à ammoniac en particulier. Il faut noter toutefois que cette baisse de rendement, quand la température de l'eau de condensation augmente, est générale pour toutes les machines à compression.

Les machines à acide carbonique ont encore un rendement acceptable avec des eaux de condensation chaudes parce que, dans le voisinage du point critique, leur cycle de fonctionnement, assez complexe, se rapproche à la fois du cycle d'une machine à compression de gaz liquéfiable et du cycle d'une machine à détente d'air.

Cet inconvénient, au point de vue du rendement, n'a pas la valeur qu'on pourrait croire si on envisage que, pour un cuirassé de 15 000 tonneaux, où les machines motrices ont une puissance de plusieurs dizaines de milliers de chevaux, la force nécessaire pour actionner les compresseurs n'atteint pas 75 chevaux.

En tout cas, ce léger désavantage théorique des machines à acide carbonique est compensé par un rendement mécanique élevé qui, joint à une transmission toujours parfaite à travers des surfaces métalliques qui ne sont jamais encrassées, a pour effet de diminuer pratiquement la baisse de rendement frigorifique comparée à celle des autres machines à compression. Il suffit simplement que le fonctionnement des machines à acide carbo-

affirmer que les machines à acide carbonique fonctionnent parfaitement avec de l'eau à 33° C et même plus, en conservant un

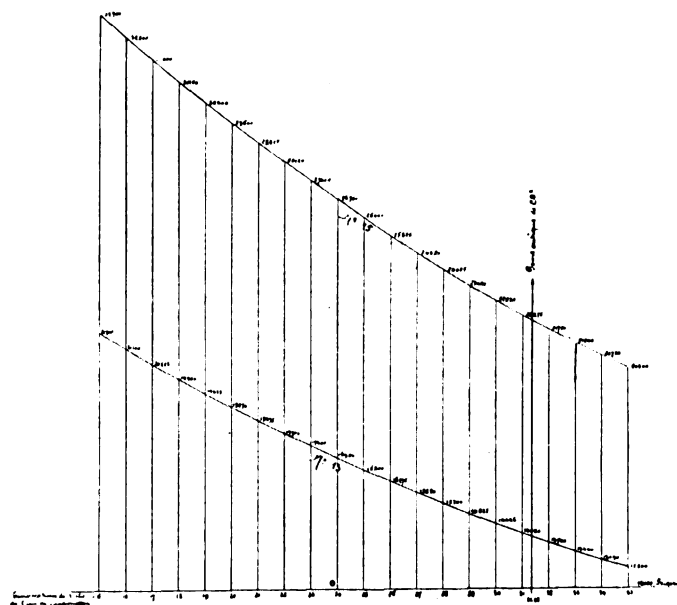


FIG. 8. — Courbes des puissances frigorifiques pour différentes températures de sortie d'eau de condensation.

rendement acceptable. La figure 8 donne un diagramme de puissances frigorifiques qui ne décelé aucune variation brusque dans le voisinage du point critique.

De plus, le tableau IV donne la reproduction d'un certificat

LA RÉFRIGÉRATION DES SOUTES À POUDRE.

à la sortie de l'évaporateur : 15 ; Débit approximatif de saumure : 10 000 litres ; Puissance frigorifique : 10.000 frigories-heure.

$T_1 = 15^\circ, T_2 = 32^\circ$							MOYENNES des mesures faites	ESSAI de puissance à la suite de l'essai de 4 h. avec $T_1 = T_2 = 20^\circ$	ESSAI de puissance réduite à 4 000 frigories	OBSERVATIONS
10	11	12	13	14	15	16				
16	16,8	17,6	16,9	16,6	16,8	16,8	16,1	21,4	19,9	La puissance 16 576 frigories-heure a donc été obtenue avec $T_1 = 14,89$ et $T_2 = 33,01$.
14,8	15,59	16,4	15,57	15,47	15,6	15,7	14,89	19,96	19,42	
13 882	137 85	13 573	13 477	13 612	13 708	13 650	13 784	13 708	9 723	
16 658	166 79	16 287	17 924	15 381	16 449	12 015	16 576	19 739	4 553	
14	14,5	14,5	14,5	15	15	15	14,7	16	16	
32	31,6	32	32,5	31,3	32,5	32,5	32,1	20,45	19,7	
33	32,5	32,8	33,4	32,1	33,4	33,5	33,01	22	20,3	
13 092	12 399	12 110	12 514	12 158	11 475	11 552	12 392	10 512	7 080	
7,98	7,72	7,44	7,68	7,90	6,86	6,66	7,5	3,25	1,262	
18 167	16 069	14 420	16 147	14 758	14 690	15 787	15 638	18 360	5 002	
82	82	84	84	80	84	82	83	67	63,6	
38	40	39	38	39,5	39	40	39,2	47	53	
3,4	3,2	3,4	3,3	3,4	3,1	3,1	3,4	1,6	1,31	
1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,78	1,650	1,5	
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,450	0,500	
270	250	266	265	265	235	235	253	202	138	
162	150	160	159	159	141	141	152	121	85	

nique ne soit pas impossible lorsque la température de l'eau de condensation atteint 32° C pour justifier leur emploi, étant donné les grands avantages énumérés.

A condition d'employer quelques dispositifs spéciaux, on peut

officiel de réception des machines fournies à une marine nationale pour le but de la réfrigération des soutes à poudres. La lecture des chiffres relevés justifie pleinement les affirmations qui précèdent.

Coupe AB.

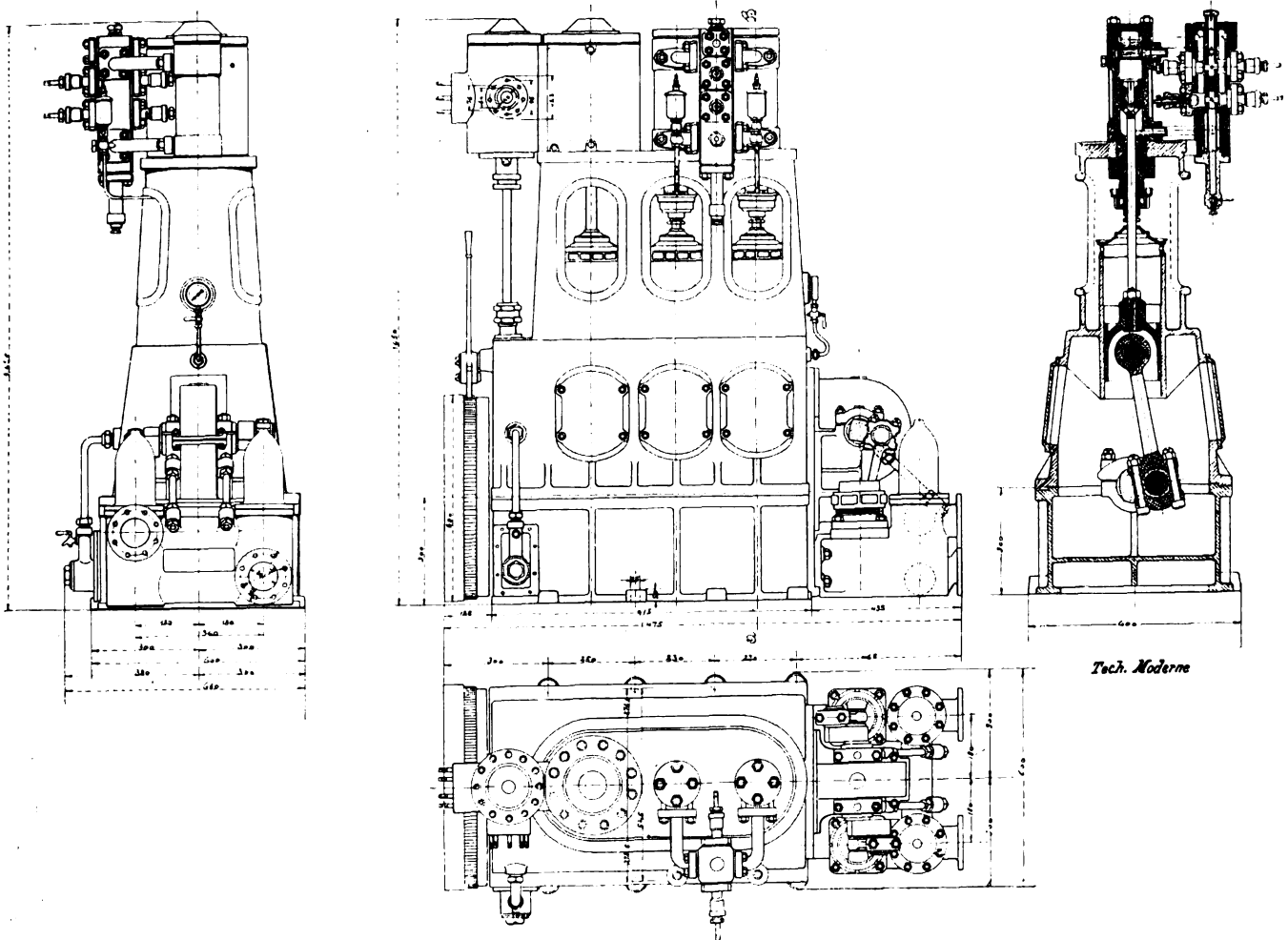


FIG. 11. — Dispositif d'une machine frigorifique M. V. V., n° 12, type "Cuirassé".

indiqués précédemment. Toutefois, pour ne pas employer des moteurs à vitesses lentes très lourds et encombrants, l'attaque

des compresseurs a lieu par un train d'engrenages à petit module bien taillés et silencieux.

L'attaque par moteur électrique est en faveur à bord des nouveaux bâtiments tandis que, pour les anciens navires, on préfère souvent l'attaque par moteur à vapeur en raison de l'insuffisance de puissance des groupes électrogènes.

PARTICULARITÉS ET AVANTAGES DE CERTAINES MACHINES A ACIDE CARBONIQUE « TYPE MARINE CUIRASSÉ ». — Les figures 9, 10 (page 498), 11, 12, 13, 14 et 15 (page 500) représentent une

certain nombre de navires de guerre français et étrangers.

Ces machines brevetées présentent quelques particularités qu'il est intéressant de signaler :

1° Grande sécurité de réfrigération en raison de la présence de deux cylindres identiques pouvant fonctionner ensemble ou séparément et contenant un piston et des soupapes interchangeables ;

2° Ovalisation du cylindre, des soupapes et du piston rendue impossible en raison de la disposition à axe vertical ;

3° Suppression de tous les organes compliqués de graissage sous pression du presse-étoupes, car les cylindres sont à simple effet, et, par conséquent, les presse-étoupes sont soumis à de faibles pressions ;

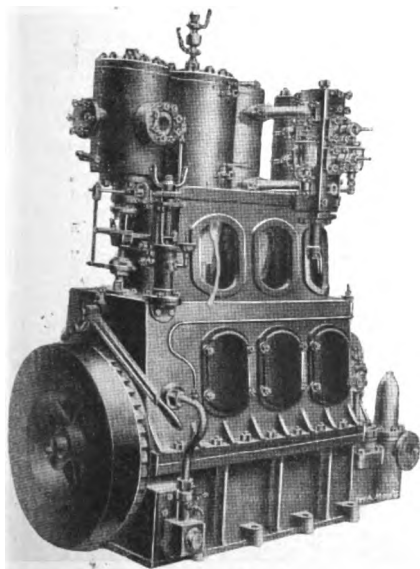


FIG. 12. — Vue d'une machine frigorifique M. V. V., n° 10, type "Cuirassé".

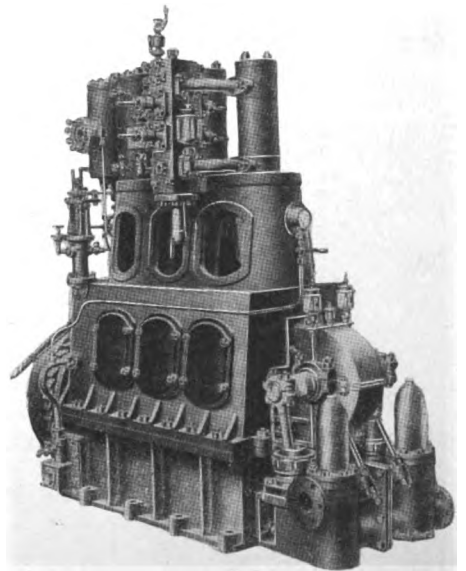
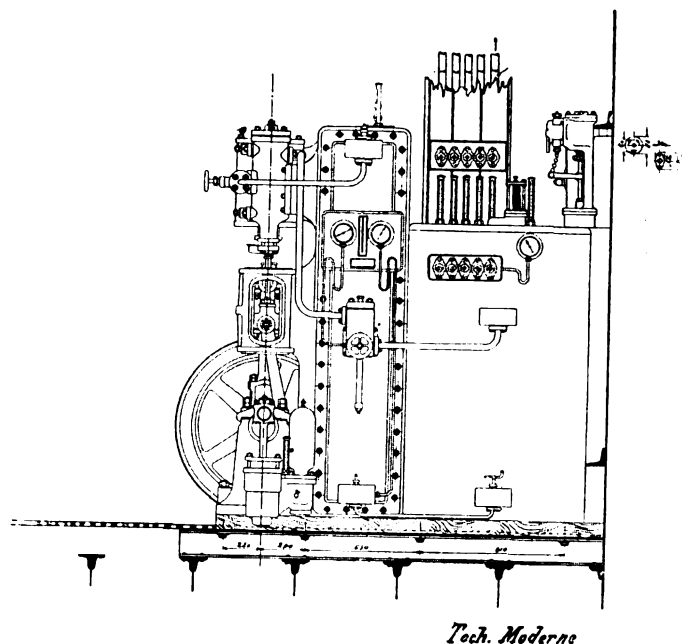


FIG. 13. — Vue d'une machine frigorifique M. V. V., n° 12, type "Cuirassé".

série de machines de 30 000 frigories construites en France par la « Société du Froid industriel » et qui sont en service à bord d'un



Tech. Moderne

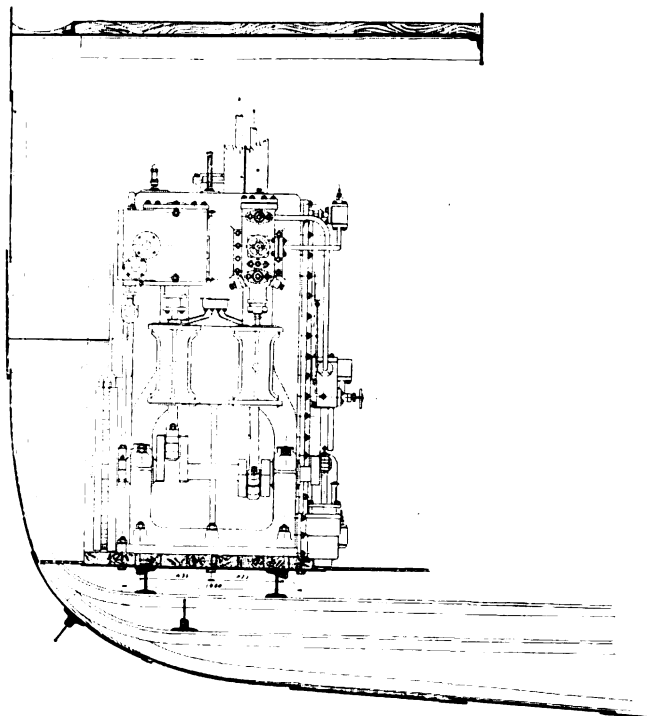
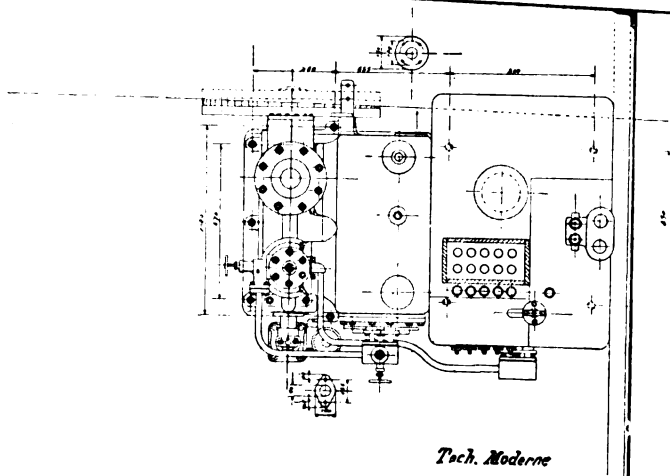


Fig. 14. — Dispositif d'une machine frigorifique, type "Marine", n° 14.



Tech. Moderne

4° Presse-étoupes à garnitures métalliques avec un serre-garnitures élastique et un presse-étoupes complémentaire pour le lubrifiant;

5° Démontage facile en raison de ce que les organes en mouvement sont tous compris entre deux vannes pour pouvoir les isoler sans perte appréciable d'acide carbonique;

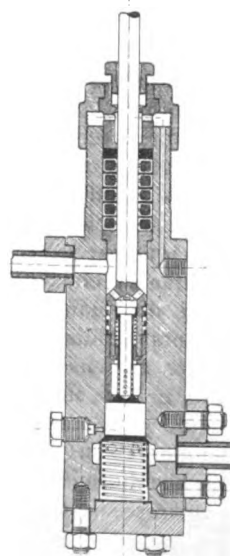
6° Disposition spéciale de la soupape de compression dans le cylindre lui-même et de la soupape d'aspiration dans le piston, de façon que le fonctionnement desdites soupapes soit absolument cer-

tain, en raison de ce que le piston peut légèrement affleurer la soupape de compression (fig. 16).

La soupape d'aspiration fonctionne à la fois par différence de pression et par inertie. Il n'y a jamais de ratés de soupapes, le fonctionnement est très régulier;

7° Suppression pratique des espaces nuisibles en raison de la disposition des soupapes. Les diagrammes relevés à cet effet sur des machines en fonctionnement à bord de cuirassés en service confirment cette affirmation (fig. 17);

8° Garnitures du piston compresseur très étanches et entièrement métalliques;



Tech. Moderne

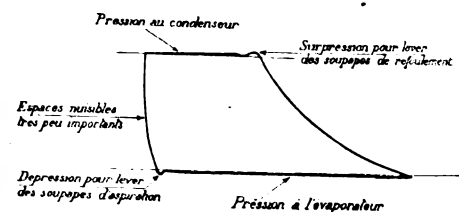


Fig. 17. — Diagramme relevé sur une machine M. V. V., n° 10, tournant à 250 tours.

9° Possibilité de la réduction de la puissance frigorifique de la machine dans de très grandes limites par la combinaison des deux procédés suivants :

- Désaccouplement d'un cylindre par la manœuvre de deux vannes;
- Agrandissement du volume des espaces nuisibles, pratiquement nuls en marche normale.

Ce dernier dispositif de réduction est reconnu comme un de ceux donnant le meilleur rendement;

10° Grande élasticité de marche de la machine qui peut fonctionner à grande vitesse jusqu'à quatre cents tours et plus, en raison de ce que tous les organes sont graissés sous pression

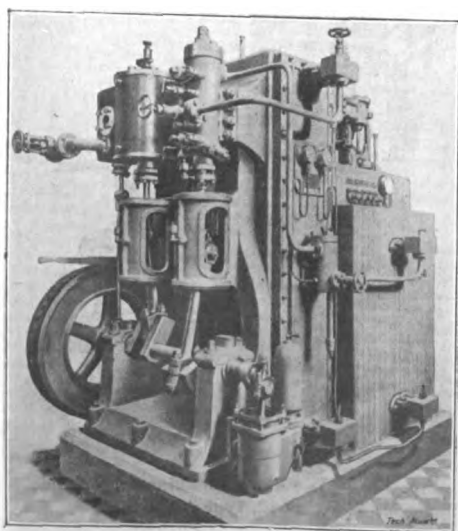


Fig. 15. — Vue d'une machine frigorifique, type "Marine", n° 14.

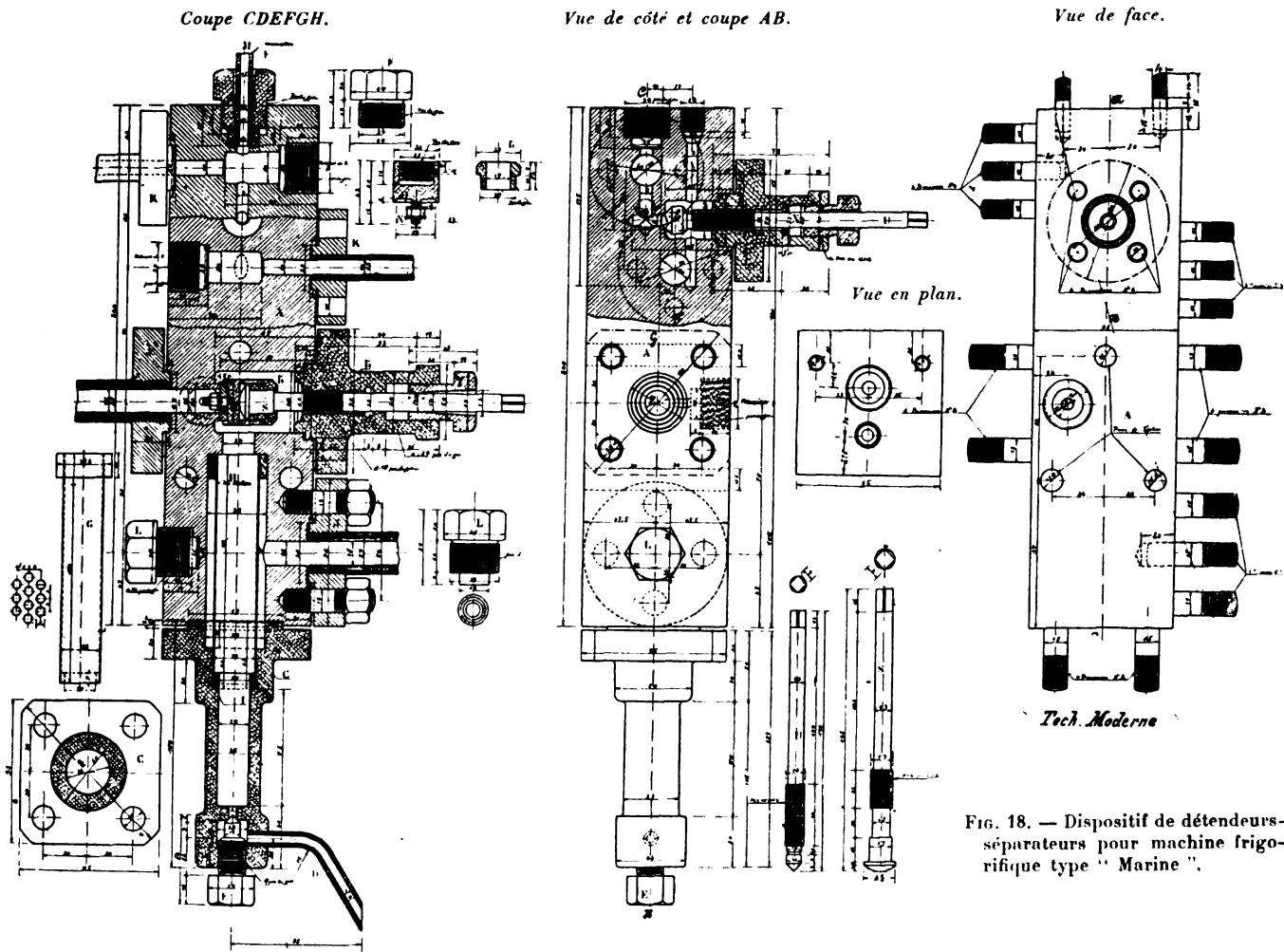


FIG. 18. — Dispositif de détendeurs-séparateurs pour machine frigorifique type " Marine ".

DÉSIGNATION DES PIÈCES	NOMBRE	MATIÈRE
A. Corps du détendeur-séparateur	1	Acier SM.
B. Robinet.	1	Bronze.
C. Séparateur	1	Bronze.
D. Tuyau de vidange	1	Cuivre.
E. Soupape de vidange.	1	Acier.
F. Bouchon fileté	2	Bronze.
G. Filtre	1	Bronze.
H. Toile métallique	1	Bronze.
I. Garniture.	1	Cuir.
J. Brides	2	Acier.
K. Brides 3/8	2	Acier.
L. Bouchon fileté	1	Bronze.
M. Tuyau pour les manomètres.	1	Cuivre.

DÉSIGNATION DES PIÈCES	NOMBRE	MATIÈRE
N. Goupille 1mm 1/2	1	Fer.
O. Ecrou	1	Bronze.
P. Rondelle	1	Bronze.
Q. Corps de la soupape	1	Bronze.
R. Bouchon de tige de soupape	1	Bronze.
S. Tige de soupape	1	Acier.
T. Bouchon fileté	3	Bronze.
U. Tige de soupape	3	Acier.
V. Soupapes	3	Bronze.
X. Rondelle	3	Bronze.
Y. Bouchon fileté	1	Bronze.
Z. Robinets	3	Bronze.

par une pompe à huile oscillante sans clapets, produisant des pressions au refoulement d'au moins 1 kg 5;

11° Conduite très facile des machines en raison du graissage sous pression et de la rotation des pièces en mouvement dans un carter fermé;

12° Accouplement, sur le même bâti, de la pompe à eau de condensation à deux cylindres en bronze avec clapets en caoutchouc, de façon à former un groupe motofrigorifique très peu encombrant et léger;

13° Marche très silencieuse à tous égards;

14° Sécurité absolue au point de vue de la pression, étant donné que les cylindres compresseurs sont essayés à la pression de 250 kg par centimètre carré, et constitués par des blocs d'acier forgé, forés ensuite comme des canons;

15° Présence d'une soupape de sûreté constituée par un

disque étalonné pour se rompre à une pression de 125 kg environ par centimètre carré. La position de ce disque empêche toute projection métallique et permet de limiter les pertes d'acide carbonique en cas de fausse manœuvre;

16° Présence d'un organe dit « inverseur-séparateur » (fig. 18) qui permet de faire toutes les visites dans la machine sans perte appréciable d'acide carbonique. Il est possible, avec cet appareil, de renverser la marche de la machine et de faire le vide dans le condenseur;

17° Faible encombrement et poids réduit de l'ensemble frigorifique.

(A suivre.)

LÉON LEFEBVRE,
Ingénieur des Arts et Manufactures,
Chef des Services techniques
de la Société du Froid Industriel.

FILATURE ET TISSAGE

LA COMMANDE ÉLECTRIQUE DANS LES USINES TEXTILES⁽¹⁾

(Suite et fin.)

MOYENS D'OBTENIR DES VARIATIONS DE VITESSE. — De temps à autre, il est nécessaire de faire varier la vitesse de commande d'une machine textile. Il en est ainsi dans le cas des usines de laine cardée, où un même métier peut avoir à filer des fils de numéros divers; ce changement de numéro nécessite une variation de la vitesse. Cette variation est réalisée par accouplement direct du moteur avec la machine ou par embrayage à friction, ou par boîte à engrenages de rechange, ou encore par accouplement direct du moteur avec un renvoi de transmission supérieur (la variation de vitesse étant, dans ce cas, obtenue par utilisation de poulies de rechange). Pour les petites variations de vitesse, on utilise des résistances d'induit, ou, dans un moteur monophasé, un champ de résistance; il faut éviter, autant que possible, la résistance série par suite du non-rendement.

Les moteurs de commande de métiers continus à filer de construction récente sont pourvus d'une légère variation cyclique de vitesse pour compenser la variation de diamètre de la bobine et, de cette manière, maintenir constante la tension dans le fil.

COMMANDE PAR GROUPE OU INDIVIDUELLE? — La commande individuelle peut être appliquée à des machines telles que les métiers à tisser, les continus à filer à anneaux, les ouvreuses et

le plus possible les oscillations de cette dernière. Mais, en général, dans le cas d'usine transformée ou dans le cas d'usine à commande électrique récente, ces moteurs sont placés dans le couloir à câbles et dans une tour similaire, mais beaucoup plus petite. Les établissements de filature Falcon, à Bolton (Lancashire), présentent un bel exemple de ce dernier système de commande. Cette filature comporte 100 000 broches: l'installation électrique fournit actuellement 800 kw, mais cette capacité peut s'élever à 1 200 kw; cette puissance est produite par deux alternateurs triphasés: 50 périodes, tension 500 volts, 460 kilovoltampères à 0,87 de rendement (c'est-à-dire en tenant compte de $\cos \varphi$), commandés directement par turbines anglaises Zoelly (3 000 tours/minute).

Appliquer uniformément la commande individuelle dans une usine serait un mauvais système; il est souvent beaucoup plus économique de commander les machines par groupe de 4 à 8: tel est le cas, par exemple, des renvideurs. Au delà d'une certaine limite dans la subdivision des moteurs de commande, le nombre total de HP des moteurs commence à s'élever très rapidement, si on le compare à un instant quelconque à la consommation totale d'énergie de l'installation; il faudrait donc, avant que ce point critique fût atteint, cesser de continuer la sub-

TABLEAU III. — DÉTAILS CONCERNANT LES MOTEURS.

HP	NOMBRE	TYPE	VITESSE t/min	COMMANDE	CHARGE
200	1	Induit à collecteur renfermé, ventilé.	585	Directe de la ligne de transmission par accouplement flexible.	6 paires de renvideurs.
200	1		580		1 ^{er} étage (chaque moteur commande 18 renvideurs de
200	1		580		2 ^e — { 1 142 broches chacun; écartement 1/4 pouce ⁽¹⁾ ;
200	1		580		3 ^e — { vitesse de broches 7 000 à 8 000 t/min.
90	1	à collecteur.	365	Accouplement direct.	38 bancs à broches en fin et 4 bancs en gros.
90	1		365		12 bancs à broches en fin, 6 intermédiaires.
"	"		"		2 surfin et 12 bancs d'étirage, 24 peigneuses.
"	"		"		4 cardes de 38 pouces.
50	1	"	360	"	40 cardes de 38 pouces.
40	1	"	365	"	4 réunisseuses de rubans, 4 étirages nappeurs.
"	"	"	"	"	26 cardes, 26 peigneuses.
7	1	Induit en tambour.	1 410	Par courroie.	1 grande ouvreuse simple.
5	2		1 410	"	1 ouvreuse simple plus petite.
3	1		1 410	"	Ventilateur.

batteurs pour coton; mais, par contre, d'autres machines textiles, telles que les selfactings, doivent être commandées par groupe. Le système de commande dépendra donc et des exigences et des circonstances particulières.

Si, dans une usine pourvue de transmissions mécaniques, on remplaçait simplement la machine à vapeur par un moteur électrique, on perdrait évidemment les avantages particuliers de la commande électrique et le rendement total de l'usine diminuerait. Le premier degré de la subdivision de la commande consiste à actionner chaque étage de l'usine par un moteur électrique. Ce moteur peut être situé au centre de la transmission pour réduire

division de la commande. Beaucoup de machines textiles consomment peu de force, et doivent être commandées à des vitesses relativement faibles. Elles nécessitent des moteurs de grandes dimensions mais de peu de HP. Si on veut réduire le coût d'une installation par HP, il faut utiliser la commande par groupe et de façon à se rapprocher de la méthode la plus économique pour les différentes vitesses de transmission que les circonstances exigent (tableaux III, IV et V, page 503).

A quel système de commande (par groupe ou individuelle) doit-on accorder la préférence au point de vue de la dépense?

Supposons que l'on doive actionner n machines exigeant cha-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 8 (août 1911), p. 442.(1) Le pouce anglais vaut 0^m.025.

cune h HP; si la capacité à surcharge doit être égale à $k \times$ charge normale, l'installation doit être prévue pour un nombre total de nk/h HP. Soit l £ (¹) le prix de ces moteurs par HP, et soit p leur rendement %.

filature Falcon, par exemple) peuvent être actionnés séparément par un moteur de caractéristiques convenables et accouplé directement. Mais, en général, il est préférable d'adopter une plus grande subdivision dans la commande.

TABLEAU IV.

BROCHES par HP indiqu.	NOMBRE de broches total	NOMBRE de métiers	FORCE TOTALE de l'usine HP indiqu.	TRANSMISSIONS	USINE et constructeurs
65	107 000 (de renvideurs).	—	1 650	Salle de cardage. — 220 t/min, poulies 18 pouces pour les bancs d'étirage, bancs à broches en fin et intermédiaires. 170 t/min pour cardes avec poulies de 16 pouces. Salle des renvideurs. — 300 t/min, poulies de 30 pouces.	Oldham (Pollitt et Wigzell).
65,2	90 000 (de renvideurs).	74 (selfactings.)	1 380	Arbre salle de cardage. — 185 t/min : 2 1/2 pouces ; 3 1/2 pouces diamètre ; 9 bancs d'étirage, 9 bancs à broches en gros, 16 intermédiaires, 44 en fin de 176 broches chacun. Arbre des bancs à broches en fin. — 270 t/min : 2 1/2 pouces ; 3 1/2 pouces de diamètre. Arbres pour bancs d'étirage, bancs en gros et intermédiaires. — 225 t/min ; 2 1/2 pouces, 3 1/2 pouces diamètre ; commande également 27 cardes. Arbres de la salle de filage. — 2 3/4 pouces ; 4 1/4 pouces de diamètre.	Blackburn (Yates et Jhem).
69,5	132 000 (de renvideurs).	—	1 900	Filature de numéros fins coton égyptien.)	Usine Irwell Bank (Bolton).
35,3	53 000 (de continus à anneaux).	140 (continus à anneaux).	1 500	Parmi d'autres usines : 12 bancs à broches en gros, de 104 broches chacun ; 20 bancs intermédiaires de 140 broches ; 52 bancs en fin de 180 broches ; 140 continus à fils, de 376-396 broches.	Stockport (J. et E. Wood).
36,2	36 000 (de continus à anneaux).	—	995	Arbre des cardes. — 175 t/min ; poulies de 17 pouces. Arbres des bancs à broches en fin, intermédiaires et des bancs d'étirages. — 254 t/min ; poulies de 27 pouces. Arbres pour filage. — 254 t/min ; poulies de 42 pouces.	Sowerby Bridge (Pollitt et Wigzell).

Le prix total des moteurs = £ $nkhl$, et la consommation normale = $\frac{nrh}{p}$, dans laquelle formule r représente le pourcentage de charge complète auquel les machines travaillent ensemble.

Supposons à présent, un seul grand moteur de H HP, H sera donc = à $nkha$, où a est une constante pouvant égaler 0,5 ou 0,7.

Le coût de ce grand moteur est de L £ par HP, et son rendement %, P ; le coût total est de £ $ankhL$, et la consommation $\frac{nrh}{P}$ HP.

CAS SPÉCIAL. — Supposons-nous dans les conditions les plus défavorables, par exemple, dans le cas où $\frac{n}{2}$ machines sont mises en marche simultanément et exigent temporairement le double de leur force normale ; pendant ce temps $\frac{n}{8}$ machines sont arrêtées, le reste marchant à charge normale.

Alors, $2nha$ devient égal à $\frac{11}{8}nh$, par conséquent $a = 0,69$.

Supposons que $l = £10$ et $L = £6$; que $p = 80\%$ et $P = 85\%$.

La commande individuelle, employée au lieu de la commande par groupe, nécessitera 1,45 fois la force totale requise ; le prix de l'installation sera 2,42 fois plus grand et la consommation à chaque normale 1,06 fois plus grande.

Reste à déterminer si, dans chaque cas particulier, les avantages de la commande individuelle compensent ces suppléments.

Un établissement textile moyen comporte huit ou neuf arbres de transmission principaux qui (suivant le système appliqué à la

En ce qui concerne les arbres de transmission de salles de battage, de continus à filer et de renvideurs, comme ces arbres

TABLEAU V.

MACHINES	HP IND.	T/MIN	$\frac{HP}{T/MIN}$
Brise-balles	2-2 1/2	450-500	0,0044-0,0050
Ouvreuse verticale simple	4	1 000	0,004
Batteur simple	4	1 000-1 200	0,0040-0,0033
Carde	3/4	160-180	0,0047-0,0042
Banc d'étirage à 12 délivraisons	1	150-300	0,0067-0,0033
Banc à broches en gros, 90 broch.	2	200-300	0,0100-0,0067
— interméd. 120 —	2	300-385	0,0067-0,0052
— en fin, 150 —	2	310-455	0,0065-0,0044
— surfin, 200 —	2	310-455	0,0065-0,0044
Self acting, 120-140 broches	par 1 HP	120	
Bobinoir à broches, 300 broch.	» 1 »		
Continu à anneaux, 90-100 —	» 1 »		
Continu à retordre, anneaux 55 broches	» 1 »		
Bobinoir à tambours, 100 tamb.	» 1 »	400-600	
Dévidoir à 80 échevaux	1/8 HP	250	0,0005

transmettent une force considérable à une vitesse relativement élevée (350 tours-min, par exemple), une commande de 1 moteur par arbre convient parfaitement (par exemple, un moteur de 250 HP. pour 24 renvideurs de 1350 broches ; vitesse de l'arbre,

(¹) La livre anglaise (£) vaut environ 25 francs.

485 tours-min). Pour des cardes à chapelets, il vaut mieux utiliser la commande par groupe : chacune d'elles absorbe $3/4$ de HP à 170 tours-min, et si on appliquait à chaque cardes un moteur de puissance et de vitesse aussi faibles, on rendrait difficiles le nettoyage, le refroidissage, etc.

La commande individuelle présente l'avantage de réduire le nombre des courroies, des commandes, des arbres ; elle produit moins de poussière, l'éclairage et la ventilation sont meilleurs. De plus, les variations de vitesse, les arrêts accidentels sont limités à une seule machine ; et si, pour cause de travail supplémentaire à fournir, ou d'expériences à exécuter, on doit faire marcher une ou plusieurs machines, on peut le faire au moment où on le désire et à un prix de revient minimum. Par contre, la commande individuelle est plus onéreuse par son installation, et nécessite un plus grand espace (à cause de l'emplacement à réserver aux moteurs).

La commande par groupes, plus ou moins étendus suivant les circonstances, permet d'obtenir un rendement maximum à un prix modéré. Si l'une des machines du groupe présente des variations de vitesse, celles-ci se reportent sur les autres machines (fig. 2 et 4) (1) ; mais cet effet est minimum, si on possède de bons moteurs triphasés, ou suffisamment petit si la commande a lieu par groupes serrés, unis.

Considérations financières. — Approvisionnement en force motrice.

Les avantages de la commande électrique, en tant que coût d'installation, sont de première importance quand il s'agit d'équiper une usine nouvelle. Dans ce cas, en achetant la force motrice, on supprime les frais de chaudières, de machines, de salle de machines, de cheminée, etc. En tout cas, l'adoption de la commande électrique permet de réduire le coût des courroies et câbles de 40 à 60 % ; les transmissions étant plus légères, les poutrelles sont de moindre section, et si l'installation est nouvelle, le coût des bâtiments eux-mêmes peut être réduit de 10 %.

Si la force motrice est achetée au dehors, le capital « installation électrique » est ordinairement la moitié du prix de revient des chaudières, machines et commande principale par câbles. (Le prix de revient moyen des moteurs électriques assez petits est d'environ 110 francs par HP.) De plus, le matériel électrique se déprécie moins vite et conserve plus longtemps un bon rendement que le matériel à vapeur.

Trois cas peuvent se présenter dans la transformation d'une commande mécanique en une commande électrique :

1° *Transformation d'une installation à commande mécanique récente.* — Cas peu fréquent, par suite du prix de revient élevé et des avantages faibles qui en résulteraient.

2° *Transformation d'une usine à commande mécanique ancienne, dont on conserve l'installation à vapeur pour la production de force motrice.* — Cette transformation nécessitera un générateur, des moteurs, des accessoires, un remplacement d'ouvriers, etc. Mais le changement se justifie parfaitement par le rendement supérieur et d'autres avantages qui peuvent en résulter.

3° *Transformation d'une ancienne commande mécanique en commande électrique ; l'installation à vapeur est trop vieille pour pouvoir être conservée.* — Dans ce cas, comme dans le premier, il vaut mieux acheter si possible la force motrice au dehors.

Dès lors, le problème se pose de savoir si la force motrice doit être achetée ou produite par l'industriel ? En général, la question est en dehors des occupations de l'industriel, et la diminution du capital concernant l'installation de la force motrice pourrait être ordinairement mieux utilisée en agrandissant les départements textiles de l'usine. En outre, l'achat de force motrice suppose une responsabilité considérable et les risques d'arrêts

accidentels. Mais, d'autre part, si l'usine dispose d'une installation à vapeur en bon état, il est nécessaire, pour des raisons économiques, de l'utiliser comme installation génératrice. En fait, si la force motrice peut être fournie au-dessous d'un certain prix, et si l'usine n'exige qu'un nombre déterminé de HP, il faut acheter l'énergie ; mais au delà des chiffres critiques il est plus économique de produire soi-même la force motrice.

Dans la détermination du coût critique par unité, il faut avoir soin de tenir compte de tous les éléments en jeu pour la production de la force motrice ; ainsi, le charbon intervient pour 25 % à 35 % du prix total de revient, le capital intervient pour 50 %, et le reste est donné par dépréciation du matériel, par les réparations, les salaires, la consommation d'eau, d'huile, etc.

L'importance du facteur « charge » ne doit pas être négligée ; en effet, pendant les heures de travail, par suite du nombre limité de ces heures et du système opératoire intensif, ce facteur peut être de 80 % à 90 %, et n'être seulement que 18 % à 20 % s'il est calculé sur l'année entière. Ce fait est donc en faveur d'approvisionnement de force motrice de l'extérieur. La consommation de force motrice dépend encore des conditions atmosphériques ; elle varie d'un jour à l'autre, et même pendant un jour.

Dans une installation avec force motrice à vapeur, le prix de revient est en moyenne, par an, de 3 £ à 5 £ (de 75 fr à 125 fr) par HP, tandis que le coût total de construction et équipements d'une station génératrice de force motrice dans une usine textile anglaise à commande électrique est en moyenne de 35 £ à 65 £ (de 875 fr à 1 625 fr) par kilowatt.

Dans le cas d'une petite installation (de 500 HP environ, c'est-à-dire de 17 500 broches de continu à anneaux ou de 32 500 broches de renvideur, par exemple), l'équipement électrique complet, c'est-à-dire avec une nouvelle machine ou une turbine, est plus coûteux que dans le système à commande mécanique ; mais au delà de 750 HP, au point de vue du prix, il y a peu de différence entre le système mécanique et le système électrique. Un établissement moyen (de plus de 500 HP), bien conduit, peut établir son installation électrique, bâtiments, chaudières, machines, générateurs et moteurs, avec toutes les fondations nécessaires, etc., payer les charges d'établissement et de roulement, tabler sur 10 % de dépréciation et d'intérêts, et compter sur un prix de revient total de 0,4 d par unité (0,4 penny) (1). Dans ce cas, ce ne sont que des circonstances d'espèces qui peuvent faire préférer l'énergie achetée à l'énergie produite à l'usine.

En résumé, les avantages principaux que présente la commande électrique du matériel textile sont les suivants :

1° 20 % environ de diminution de casses, dus à la commande plus douce ;

2° De 10 % à 20 % d'augmentation de production par HP, et un produit d'une qualité d'au moins 5 % meilleure ;

3° Rendement supérieur.

Si les transmissions mécaniques sont établies en ligne droite, le rendement initial est environ égal à celui de la commande électrique équivalente ; mais si les changements de direction sont fréquents (roues coniques, etc.), le système électrique a un avantage immédiat. De plus, par suite de la facilité avec laquelle on peut mesurer la force absorbée, par suite aussi du nombre réduit de supports et de la longueur des arbres, il est possible de maintenir d'une façon permanente le rendement d'une usine, commandée électriquement, à un maximum pratique ; l'installation mécanique, par contre, se détériore rapidement et inévitablement de façon appréciable.

L'application de la commande électrique a entraîné de légers changements dans la construction des filatures et dans le dessin des machines. Les modifications les plus marquées sont : 1° l'accélération donnée à la transmission, de façon à pouvoir l'accoupler directement avec des moteurs électriques types ; 2° l'accélé-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 8 (août 1911), p. 443.

(1) 1 penny vaut environ 0 fr 10.

ration donnée pour la même raison aux arbres des machines (par exemple, à l'arbre du tambour en fer-blanc d'un métier à retordre à anneaux). Cette vitesse plus grande implique une réduction de mouvement plus élevée, dans la machine même, quoique, par l'adoption de la commande électrique, on peut travailler à une vitesse légèrement supérieure par suite du fait que cette commande est plus constante.

Enfin, il faut signaler d'autres avantages de la commande électrique, tels que la propreté, la clarté, dues à l'absence de câbles

et de courroies de transmission et, en outre, le moins grand nombre de poussières créées et agitées.

De tels avantages ont d'autant plus de valeur que la qualité de la matière traitée est meilleure et que le numéro produit est plus fin.

Edouard FONTIGNY,

Ingénieur,

Professeur de Technologie de Filature
à l'Ecole supérieure des Textiles de Verviers.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE

LA PANIFICATION ET LES PÉTRINS MÉCANIQUES⁽¹⁾

(Suite et fin.)

Pétrin Mousseau et C^{ie}. — Ce pétrin comporte, comme organe pétrisseur, une fourche en fer soulevant la pâte par-dessous et animée d'un mouvement lent. La cuve est fixe pendant le travail de la pâte et tourne au moment où la fourche remonte (fig. 24).

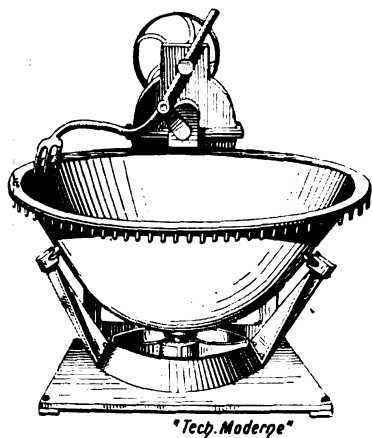


FIG. 24. — Pétrin Mousseau et C.

7° PÉTRINS COMPORTANT DEUX PIÈCES ANIMÉES D'UN MOUVEMENT ALTERNATIF.

— *Pétrin Jacob Lips.* — Construit par la Société anonyme des anciens établissements A. Savy, Jean-jean et C^{ie}, de Paris, ce pétrin est un de ceux qui réalisent le mieux, au point de vue mécanique, le pétrissage à la main.

Il est constitué par une cuve cylindrique en fer étamé, dont le fond est

concave (fig. 25). Elle est montée sur une fourche et peut basculer dans le sens vertical, autour de tourillons, pour faciliter l'enlèvement de la pâte.

La fourche est articulée à la partie supérieure d'un pivot vertical qui porte une roue dentée, actionnée par un pignon fixé à l'extrémité d'un arbre horizontal. Un joint à la cardan relie ce dernier à un autre arbre portant une roue dentée, actionnée par une chaîne sans fin passant sur un des arbres parallèles qui portent les cames dont il va être question.

Les poulies de commande, fixe et folle, sont montées sur un arbre très court muni d'un pignon qui engrène avec une roue dentée calée sur un arbre horizontal, muni à son extrémité d'une roue à denture droite, engrenant avec une autre roue semblable montée sur un second arbre horizontal. Ces deux arbres tournent en sens contraire l'un de l'autre et à la même vitesse angulaire.

Sur chacune des roues dentées mettant en prise les deux arbres parallèles est fixé un bouton de manivelle. Une came cylindrique, disposée sur chacun des deux arbres, déplace un galet placé à

l'extrémité supérieure d'un balancier articulé dans le plan vertical autour d'un axe solidaire du bâti.

A son extrémité inférieure, chaque balancier est relié, par l'intermédiaire d'une bielle, à une pièce articulée sur le bouton de manivelle de l'une des roues dentées et qui porte une fourche verticale à trois dents, en fer étamé, constituant l'une des pièces travaillantes qui, par conséquent, sont au nombre de deux. Ces fourches se déplacent l'une devant l'autre dans un plan vertical, en décrivant une courbe analogue à une ellipse. Les dents de ces deux fourches s'enchevêtrent pendant une partie de leur course; dans l'autre partie, elles frôlent le fond concave de la cuve en partant des bords de cette dernière et en dépassant le centre.

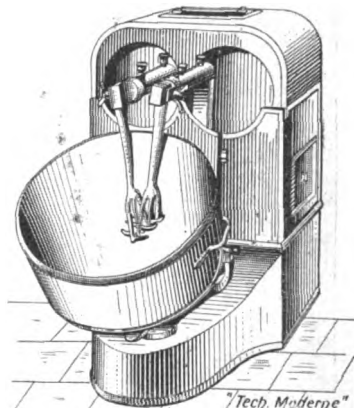


FIG. 25. — Pétrin Jacob Lips.

Pour préparer 172 kg 75 de pâte, il faut 8 minutes; la puissance mécanique moyenne dépensée est de 102 kgm 87 par seconde, soit 1,37 cheval-vapeur.

Pétrin «Artofer». — Ce pétrin du système Aeschbach se compose d'une cuve cylindrique en tôle étamée, dont le fond est en forme de calotte sphérique (fig. 26). Cette cuve est montée sur pivot et peut être, à volonté, rendue folle ou animée d'un mouvement de rotation; elle est montée sur un chariot porté par trois galets et peut être retirée lorsque la pétrissée est terminée. Ce chariot porte le pivot sur lequel la cuvette est montée.

Le mécanisme comporte deux arbres-manivelles reliés entre eux par deux roues à denture hélicoïdale. L'un d'eux porte une roue dentée qui commande le mouvement de rotation de la cuve par l'intermédiaire d'une chaîne sans fin, entraînée par une autre roue dentée que porte un arbre horizontal; cet arbre horizontal, à son tour, est entraîné par une vis sans fin qui engrène avec la roue hélicoïdale que porte le pivot de la cuve.

Le pétrisseur est formé de deux peignes en fer étamé réunis par une articulation à leur partie supérieure. En outre, chacun de ces deux peignes est articulé, vers son milieu, sur un bouton de manivelle animé d'un mouvement circulaire continu. Ces deux manivelles sont parallèles, tournent à la même vitesse angulaire, en sens contraire l'une de l'autre; il en résulte que

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 9, p. 501; n° 10, p. 556; t. III, n° 2 (février 1911), p. 74; n° 7 (juillet 1911), p. 403, et n° 8 (août 1911), p. 443.

les deux peignes déviés sur leur monture se déplacent dans deux plans parallèles et, partant des bords de la cuve, se croisent vers le centre de la cuve en en frôlant le fond.

Les deux arbres-manivelles dont il a été déjà question, sont reliés entre eux par l'intermédiaire de deux roues hélicoïdales. L'un d'eux est muni d'un contrepoids servant à équilibrer le mécanisme pétrisseur et, en plus de la roue dentée qui actionne le mouvement de la cuve, d'une autre roue dentée, extérieure au bâti, commandée par un pignon à denture hélicoïdale, solidaire de la poulie de commande.

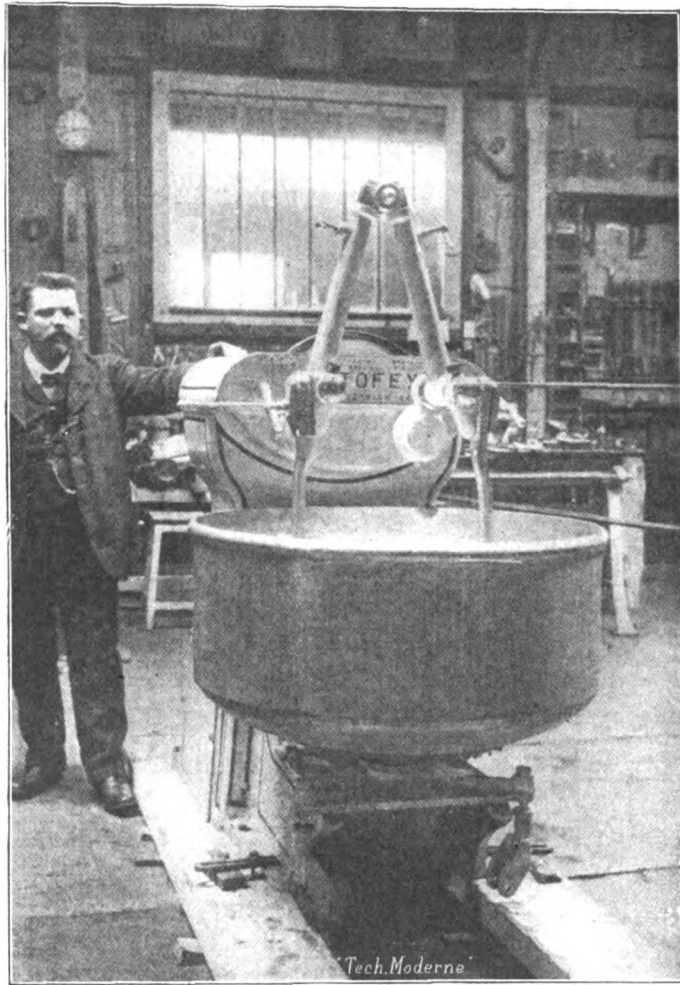


FIG. 26. — Pétrin Artofex.

La préparation de 172 kg 75 de pâte ferme demande sept minutes.

La puissance moyenne dépensée est de 104,21 kgm : sec., soit 1,39 cheval-vapeur, avec un maximum de 1,60 cheval-vapeur.

Pétrin Klein. — Ce pétrin, dénommé pétrin Alexandre, est construit par M^{me} veuve Hummel, à Paris.

La cuve (fig. 27) a la forme d'un berceau à peu près demi-cylindrique avec évasement à l'avant. Montée dans un châssis porté par trois galets, on peut la retirer du bâti et on peut la faire basculer autour d'un axe situé à l'avant au moyen d'un petit treuil à manivelle et à engrenages. Cette cuve est fixe.

L'organe pétrisseur est constitué par deux bras ayant chacun 1^m,30 de longueur et munis à leur extrémité inférieure de cinq doigts, dont l'un est amovible. La pétrissée terminée, ces bras peuvent être relevés indépendamment de leur monture.

Le mouvement des bras pétrisseurs est obtenu de la manière

suivante : un arbre de commande, disposé à la partie supérieure de la machine, porte les deux poulies folle et fixe. Cet arbre est muni d'un pignon engrenant avec une roue dentée montée sur un arbre intermédiaire pourvu d'un volant à main. A chacune des extrémités de cet arbre intermédiaire se trouve un pignon engrenant avec une roue dentée. Chacune de ces dernières est calée sur un petit arbre qui porte un plateau manivelle de 150 mm de rayon, articulé, par une petite bielle à direction presque horizontale, avec le bras pétrisseur qui, à son tour, est articulé avec une manivelle à mouvement circulaire alternatif. Une bielle supplé-

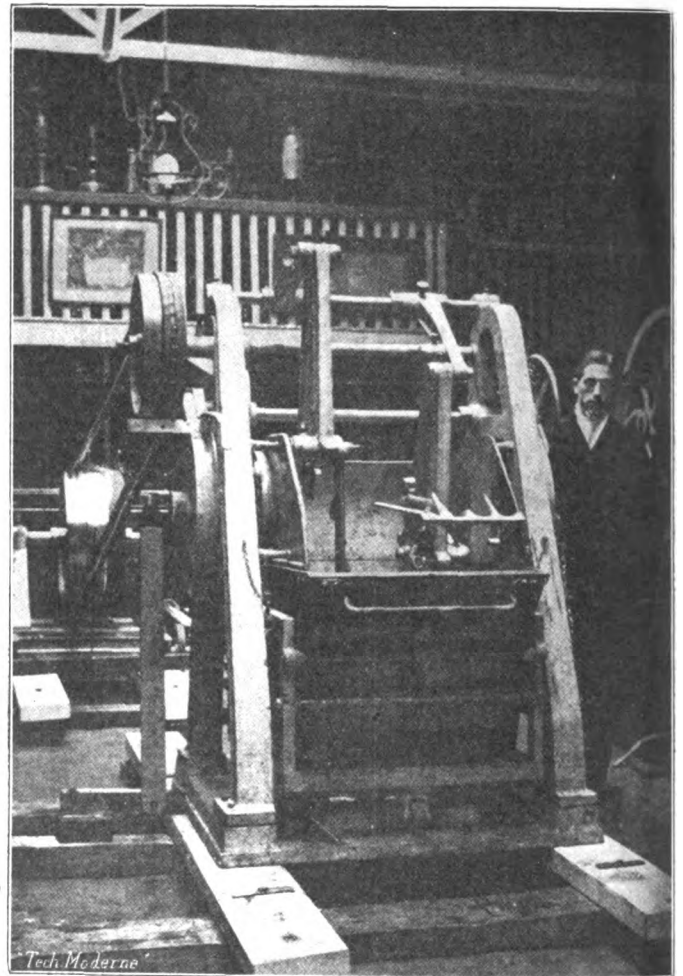


FIG. 27. — Pétrin Klein.

mentaire relie le plateau-manivelle à l'articulation supérieure.

Une pétrissée de 172 kg 75 de pâte ferme demande dix minutes.

La puissance moyenne dépensée est de 74,88 kgm : sec., soit 0,998 cheval-vapeur, avec un maximum de 1,10 cheval-vapeur.

Pétrin Mousseau et C^{ie}. — Dans ce modèle, la pâte est prise de deux côtés à la fois. Les fourches se soulèvent, montent à la hauteur voulue, puis, s'écartent, la laissent tomber dans la cuve qui ne tourne qu'au moment où les organes pétrisseurs sont en l'air, c'est-à-dire au moment où ils lâchent le pâton.

Nous avons passé en revue tous les systèmes de pétrins actuellement présentés par les différents constructeurs, de façon que le lecteur puisse se faire une idée d'ensemble sur cette question, que nous avons traitée aussi complètement que possible.

J.-A. MONTPELLIER,

Président de la Section du Jury des pétrins mécaniques,
à l'Exposition de Marseille.

CHIMIE INDUSTRIELLE

L'INDUSTRIE DE LA SAVONNERIE⁽¹⁾

(Suite.)

La surface extérieure des savons de Marseille exposée à l'air présente donc, au bout de quelque temps, une teinte différente de celle de l'intérieur, et l'on désigne sous le nom de *manteau* cette dégradation ou modification de la couleur, qui est rendue très apparente sous forme d'un cadre plus ou moins large dans une section d'un morceau de savon qui a été exposé à l'air.

Hors de Marseille, dans les quelques types de savons marbrés faits en imitation des savons bleu pâle et bleu vif, la marbrure n'est généralement plus due aux sulfures métalliques provenant de l'emploi des lessives de soudes brutes, mais plutôt aux sels métalliques ou aux colorants insolubles introduits intentionnellement pendant la fabrication, comme le colcothar, l'outremer, etc., et dans ce cas, la marbrure est uniforme à l'intérieur comme à l'extérieur des pains, barres ou morceaux.

Savons marbrés de Marseille (bleu pâle et bleu vif).

Ainsi qu'on l'a indiqué précédemment, les savons marbrés de Marseille se présentent sous deux formes : bleu pâle et bleu vif, dont la fabrication est identique à l'adjonction de colorant près, et qui ne diffèrent que par l'aspect, la couleur de la marbrure après un certain temps.

Le matériel servant à la fabrication des savons et la préparation des lessives de soudes brutes utilisées spécialement dans la fabrication des savons marbrés ont déjà été décrits, de sorte qu'il n'y a pas à y revenir.

Les matières premières employées à l'origine étaient exclusivement les huiles d'olive à fabrique, les huiles d'enfer, et les huiles de ressource (d'olives), mais la substitution des soudes artificielles Leblanc, plus pures, aux soudes naturelles chargées de sels de potasse, rendant les savons d'huiles d'olives trop durs et trop brisants, on commença vers 1813 à adjoindre ou à substituer partiellement aux huiles d'olives, l'huile d'aillette, puis, plus tard, l'huile de lin, l'huile de sésame, l'huile de coton et l'huile d'arachide. Mais les savons à base d'huile de lin se couvrent à la longue de taches brunes, ceux à base d'arachide et de coton conservent des fonds jaunâtres, et depuis longtemps déjà la savonnerie marseillaise se restreint pratiquement à l'emploi des huiles d'olives et de sésame dans la fabrication des savons marbrés, en raison des convenances spéciales de ces huiles pour cette fabrication.

Les huiles d'olive à fabrique devenant plus rares et plus chères ont été remplacées par des huiles de ressource et celles-ci par les huiles de grignons et de pulpes extraites par le sulfure de carbone. Les huiles de sésame à fabrique (provenant de la deuxième pression faite à chaud), devenant aussi plus rares avec les progrès de l'huilerie et du raffinage des huiles comestibles, sont également de plus en plus remplacées par les huiles extraites des tourteaux de pression de sésame par le sulfure de carbone. Depuis quelques années enfin, on emploie des savons et des acides gras de sésame provenant de la neutralisation et du raffinage des huiles comestibles.

Les proportions relatives d'huiles employées varient avec les conditions commerciales et avec la saison, les huiles de pulpes et de grignons donnant des savons plus durs que les huiles de sésame et d'autres graines s'employant en plus grande proportion en saison tempérée ou chaude et les huiles de graines en saison froide.

Les lessives employées pour la saponification des matières grasses se préparent avec de la soude brute Leblanc, ainsi qu'on l'a déjà décrit en détail précédemment⁽¹⁾.

La fabrication telle qu'elle se déroule dans les savonneries marseillaises comprend les quatre opérations suivantes : empâtage, relargage, cuisson et liquidation ou madrage.

EMPÂTAGE. — On introduit dans le chaudron le chargement d'huile constitué comme on l'a indiqué et pouvant atteindre 8 000 kg ou 10 000 kg. On chauffe au moyen du serpentín de vapeur, et l'huile chaude, on fait arriver dessus les deux tiers de son poids de lessive douce (faible entre 10° B et 11° B) ou barille, que l'on mélange intimement avec l'huile par madrage avec le rediable. La masse s'émulsionne, puis l'émulsion laiteuse devient plus épaisse, foisonne et écume, ce qui est l'indice que la saponification s'opère ; la masse monte dans le chaudron et, pour éviter qu'elle ne déborde, il n'est pas rare d'être obligé de modérer ou de fermer la vapeur et d'abattre l'écume en la battant avec des pelles. La réaction qui marque le début de l'empâtage s'étant calmée, l'écume s'affaisse et la masse qui est d'un blanc roussâtre bout régulièrement ; à mesure que la saponification s'avance, elle prend de la consistance et devient plus dense.

La première quantité de lessive étant absorbée par l'huile, on continue l'empâtage en ajoutant successivement de nouvelles portions de lessive un peu plus concentrées, de 12° B à 15° B, puis de 15° B à 18° B.

Finalement, l'addition de lessive est arrêtée et l'empâtage considéré comme terminé lorsque la masse homogène et épaisse s'affaisse définitivement et que, dans les plis de la pâte, on n'aperçoit plus d'huile libre.

L'empâtage s'opérait autrefois et s'opère encore quelquefois avec des lessives faibles provenant du lessivage des barriqueux épuisés, ainsi qu'on l'a vu précédemment. Mais l'emploi de ces lessives impures et renfermant des sulfures, hyposulfites, etc., ne permettant pas de récupérer la glycérine que peuvent fournir les huiles saponifiées, on opère le plus souvent maintenant l'empâtage avec des lessives faibles préparées avec de la soude caustique solide ou des lessives caustiques entre 38 et 39 degrés alcalimétriques, ou enfin par caustification du carbonate de soude à l'ammoniaque. L'empâtage progresse d'ailleurs plus rapidement avec ces lessives d'une plus grande pureté et plus riches en soude caustique.

RELARGAGE. — L'empâtage terminé, on procède au relargage, c'est-à-dire à la séparation du savon des lessives épuisées. Cette opération se fait généralement sans que la vapeur soit admise dans le serpentín, par conséquent avec la seule chaleur de la masse en chaudron.

On verse alors sur la pâte de la lessive de recuit de 20° B à 24° B

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 3, p. 162 ; n° 4, p. 221 ; n° 5, p. 292 ; n° 6, p. 352 ; n° 7, p. 407 ; n° 8, p. 447 ; n° 9, p. 488 ; n° 10, p. 554 ; n° 12, p. 694, et t. III (1911), n° 1, p. 31 ; n° 3, p. 161 ; n° 5, p. 291 ; n° 7, p. 413, et n° 8, p. 462.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II (1910), n° 5, p. 293.

Cette lessive provient généralement des mises où elle s'est séparée du savon; elle a alors une densité de 16° B à 18° B et est remontée jusqu'à 20° B ou 24° B par passage sur de vieux barriqueux épuisés (avant qu'on les mette à l'eau); elle ne renferme pratiquement plus de soude caustique et contient surtout des sels alcalins et des sels neutres (chlorure de sodium, sulfate de sodium, etc.). La lessive est mélangée et incorporée à l'empâtage par madrage énergique à l'aide de rediables actionnés à la main. L'empâtage se divise et le savon se sépare de la lessive en grains volumineux sans cohésion.

L'addition de lessive de recuit et le madrage sont arrêtés quand la lessive, dans laquelle flottent les grains de savons, marque de 17° B à 18° B à froid. Dans ces conditions, elle ne retient plus de savon en dissolution et si on en abandonne un échantillon au refroidissement, elle reste brillante, limpide, sans se prendre en masse gélatineuse ou présentant des flocons mucilagineux.

Ces caractères étant observés, on abandonne la masse au repos pendant quelques heures, et la séparation du savon et de la lessive s'étant opérée, on épine la lessive de relargage. Celle-ci renferme la glycérine provenant des matières grasses saponifiées et avec elle toutes les impuretés des matières grasses et des lessives. Si le relargage a été opéré avec des lessives de recuit provenant des mises et repassées sur les barriqueux comme on l'a indiqué, la quantité et la nature des impuretés minérales que renferment les lessives de relargage sont telles qu'elles rendent la récupération de la glycérine pratiquement impossible.

C'est pourquoi, dans les savonneries qui ont modernisé la fabrication des savons marbrés, après avoir empâté les huiles avec des lessives de soude pure, non sulfurées, on opère le relargage non pas avec des lessives de recuit sulfureux, mais avec de l'eau salée ou du sel marin ajouté à l'état solide.

Dans ce cas d'ailleurs, le relargage s'opère à l'ébullition et, sitôt l'empâtage terminé, sans interrompre le chauffage et l'ébullition, on verse sur la pâte de l'eau salée concentrée à 24° B, ou bien on projette dessus du sel marin envoyé à la volée avec une pelle, de façon qu'il soit bien divisé et se dissolve aussi plus aisément et ne tombe pas inutilisé au fond du chaudron. La fin du relargage est caractérisée par les mêmes signes indiqués plus haut.

Cuisson. — La cuisson de la pâte relarguée s'opère au moyen de services de lessives successifs.

Les premiers services se font avec des lessives de recuit, provenant des opérations de cuisson précédentes et régénérées sur les barriqueux. On verse sur la pâte un premier service de lessive de recuit à 22° B ou 24° B, correspondant à peu près au tiers du poids des huiles traitées; on fait bouillir le tout jusqu'à ce que la lessive ait perdu toute causticité; pendant cette opération, la masse, qui est molle et visqueuse, se recouvre d'une écume noirâtre qui ne disparaîtra que lorsque la cuisson sera terminée.

La lessive du premier service étant épuisée, on arrête l'ébullition et après repos on épine la lessive; on la remplace par un second service de recuit plus concentré, qu'on soutire après ébullition, lorsque la lessive a perdu sa causticité.

On continue ensuite la cuisson avec des lessives dites bonnes secondes de 25° B à 27° B. Chaque service, après un temps d'ébullition suffisant pour le dépouiller de sa causticité, est soutiré comme précédemment et remplacé par une même quantité de lessive bonne seconde jusqu'à ce que l'on arrive enfin à avoir un excès d'alcali dans la lessive soutirée.

On termine alors la cuisson par un dernier service de lessive bonne première de 28° B à 30° B.

La pâte, au fur et à mesure qu'elle se sature de soude et que sa saponification se complète, devient plus compacte, plus dense et l'écume noirâtre qui la recouvrait disparaît peu à peu.

L'ébullition, d'abord calme et régulière, devient plus tumultueuse, accompagnée de soubresauts et de projections à mesure

que les grains qui constituent la pâte deviennent plus serrés et plus denses. L'odeur elle-même se modifie et se rapproche de celle de la lessive.

Finalement, la cuisson est considérée comme terminée lorsque, après une ébullition prolongée, le dernier service (dit de bon) conserve son alcalinité, sa densité atteignant à chaud 27° B; l'écume a disparu et la pâte formée de gros grains noirâtres se sépare nettement de la lessive lorsqu'on la coule sur une surface froide et présente à la langue une causticité accentuée. Les grains qui la constituent, pressés entre les doigts à chaud, dès que leur température le permet, s'effritent en écailles minces, dures et sèches et se réduisant facilement en poussière. Enfin, l'odeur qui s'exhale de la masse en ébullition rappelle franchement celle de la lessive, et les savonniers la rapprochent de celle de la violette.

La cuisson nécessite un nombre de services et un temps variables, suivant la quantité de matières grasses traitées et la méthode de travail employée. Elle demande au moins trois services et en comporte quelquefois cinq et six. Le premier dure une heure, les suivants une heure et demie à deux heures, le dernier environ quatre heures.

MADRAGE OU LIQUIDATION. — La cuisson terminée, on procède au madrage, qui consiste en une demi-liquidation. Cette opération s'opère sans ébullition, la vapeur étant fermée; l'agitation nécessaire au mélange de la pâte et de la lessive s'obtient par un madrage énergique au moyen de rediables (habituellement trois pour un chaudron moyen).

On commence à verser sur la pâte, à l'aide de cornues, de la lessive faible à 10° B ou 12° B (petites eaux) et on l'y incorpore par madrage. Cette lessive provient du lessivage des barriqueux épuisés par l'eau pure. La pâte compacte et dure devient plus lâche et plus molle à mesure que la densité de la lessive diminue par addition de lessive faible. On diminue d'ailleurs peu à peu la concentration de celle-ci en la coupant d'eau pure et l'on continue ainsi la liquidation avec de la lessive à 7°-8° B, puis à 5°-6° B.

Les grains de savon, d'abord petits et durs, deviennent volumineux et tendres; ils gonflent et s'étalent de plus en plus à mesure que la concentration de la lessive baisse; ils tendent enfin à se souder entre eux, à s'agglomérer et à se dissoudre dans la lessive qui devient trouble. Ces caractères annoncent la fin de la liquidation. La densité de la lessive est alors de 16 à 19° B selon la nature du savon (bleu pâle ou bleu vif), selon les matières premières employées, selon sa propre composition et selon la saison ou la température ambiante.

Au-dessus de 19° B, l'agglomération du savon serait insuffisante et la marbrure courte et défectueuse; au-dessous de 16° B, la liquidation serait trop avancée et la marbrure risquerait de se séparer et de tomber à la partie inférieure du savon en voie de solidification.

Le titre ou la densité de la lessive doivent être plus élevés pour un savon bleu vif que pour un savon bleu pâle, en raison de la présence du colcothar; pour un même savon, ils doivent être d'autant plus élevés que les huiles saponifiées étaient plus acides et plus avariées, partant plus riches en acides hydroxylés; les huiles de pulpes d'olives et de ressource demandent une lessive plus concentrée que les huiles d'olive à fabrique et les huiles de sésame.

Le titre devra de même être d'autant plus élevé que la lessive renferme plus d'alcali caustique et carbonaté et moins de sels étrangers: sulfate, chlorure, hyposulfite, etc., de sodium.

Enfin, il devra être d'autant plus élevé que la température de la cuite et la température ambiante seront plus basses.

(A suivre.)

E. BONTOUX,

Ingénieur Chimiste (E. C. I. L.)
des Etablissements Rocca, Tassy et de Rouz
et de la Société Anonyme
des Savonneries de la Méditerranée.

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER

Nouveaux freins à main
de la Compagnie des chemins de fer de l'Est ⁽¹⁾.

I. FREIN A CRIC ET A BARILLET, A RÉGLAGE AUTOMATIQUE DE M. MESTRE. — Le caractère principal du frein à cric et barillet, à réglage automatique, consiste dans l'association, pour la commande à la main d'une timonerie de frein : 1° d'un cric permettant d'obtenir une amplification et un rendement suffisants ; 2° d'un ressort en spirale logé dans un barillet développant dans toute l'étendue de la course utilisée un couple peu variable et emmagasinant l'énergie potentielle nécessaire pour amener rapidement les sabots au contact, exercer sur les sabots une pression suffisante et convenable, lorsque le wagon est vide ; ces deux organes, cric et barillet, permettent au garde-frein d'ajouter son effort à celui du ressort pour obtenir dans tous les cas la pression qui assure le maximum d'efficacité ; 3° d'un rattrapage automatique du jeu des sabots, de manière à ce que la puissance du frein obtenue par le simple déclenchement du ressort soit constante.

Pour le bon fonctionnement pratique du mécanisme, tous les organes moteurs, roues dentées et ressorts, sont enfermés dans des boîtes hermétiques.

L'appareil se compose : 1° D'une boîte à cric A ;

2° D'un arbre vertical D, terminé à sa partie supérieure par un volant de commande E, le même que celui de l'ancien frein, dont on a supprimé la poignée ;

3° D'un barillet H, supporté par la boîte à cric A, mais pouvant tourner sur billes autour d'un axe vertical.

L'arbre D porte un pignon 1 actionnant une roue dentée 2, dont l'arbre porte un deuxième pignon 3 actionnant la roue dentée 4 ; l'arbre de cette roue porte un pignon 5 actionnant la crémaillère 6 ; celle-ci, bien guidée, commande la timonerie.

Le nombre et les diamètres primitifs des pignons et des roues dentées sont déterminés pour l'amplification désirée. Avec un volant d'un diamètre utile de 442 mm, l'amplification réalisée est de 1 053,7 ; le déplacement de la crémaillère pour un tour de volant est de 7^{mm},905 ⁽²⁾.

L'arbre D, par son prolongement en forme de tige carrée, actionne la bonde 12 du barillet. A cette bonde est attaché, par une vis 13, un ressort en spirale 14, fixé par son autre extrémité à l'articulation 15, solidaire du barillet.

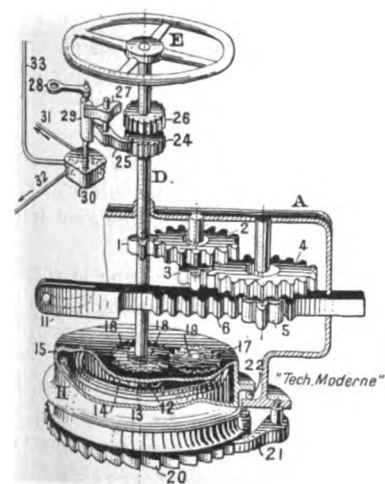


Fig. 1. — Dispositif du frein Mestre.

Les diamètres du barillet et de la bonde, les dimensions du ressort sont déterminés pour permettre de l'enrouler d'un

nombre de tours aussi grand qu'il est nécessaire, sans fatigue excessive, de manière à disposer d'un couple suffisant et relativement peu variable dans toute l'étendue de la rotation utilisable.

Au-dessus du barillet, la roue dentée 16, entraînée dans le mouvement de rotation de la bonde, engrène avec la roue dentée 17, dont l'axe est solidaire du barillet. Le nombre des dents de ces deux roues 16 et 17 est respectivement de 14 et 13. Elles sont munies chacune d'un ergot, l'ergot 18 sur la roue 16 et l'ergot 19 sur la roue 17. Avant le montage du barillet sur la boîte à cric, lorsque le ressort est placé dans le barillet, mais avant de monter la roue 17, on remonte le ressort en tournant la bonde en sens inverse des aiguilles d'une montre de 17 1/7 tours, puis on place la roue dentée 17 en s'arrangeant de manière que les ergots 18 et 19 soient au contact et s'opposent au déroulement (fig. 2) ; le ressort possédera ainsi une bande initiale minimum correspon-

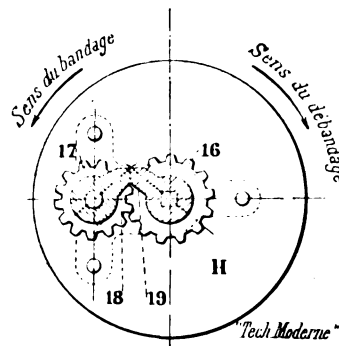


Fig. 2. — Plan du barillet et de la croix de Malte, ressort bandé à 30 tours.

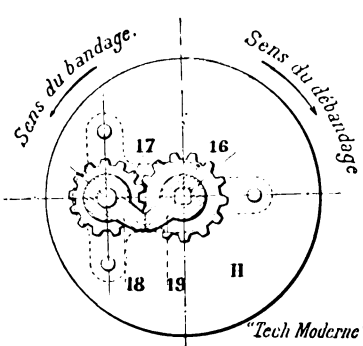


Fig. 3. — Plan du barillet et de la croix de Malte, ressort bandé à 17 tours 1/7.

dant au nombre de tours fixé ; les deux roues dentées 16, 17 qui constituent une croix de Malte, permettent de remonter encore, en tournant la bonde en sens inverse des aiguilles d'une montre, du nombre de tours permis par cette croix de Malte, égal à 12 tours 6/7 ; les ergots 18, 19 s'opposant à tout remontage supplémentaire (fig. 3), la bande du ressort est alors maximum et égale à $17 \frac{1}{7} + 12 \frac{6}{7} = 30$ tours ; mais le barillet, abandonné à lui-même, se déroulerait de manière à revenir à la bande initiale minimum de 17 1/7 de tours, position à partir de laquelle les ergots s'opposent au déroulement.

Dans cette situation, le barillet peut être monté sur la boîte à cric, dont on place la crémaillère à une position convenable, et si l'on tourne l'arbre D en sens inverse des aiguilles d'une montre, à l'aide du volant E, du nombre de tours, 12 tours 6/7 permis par la croix de Malte (ce qui aura déplacé la crémaillère, côté desserrage, de 101^{mm},5), le frein sera entièrement desserré, c'est-à-dire que la position actuelle de la crémaillère 6 et de son articulation avec la manivelle 7 devront correspondre au desserrage de la timonerie.

Le barillet H est pourvu sur sa périphérie d'un rochet 20, dans les dents duquel peut s'engager le cliquet 21 dont l'axe est fixe ; le cliquet s'oppose à la rotation du barillet en sens inverse des aiguilles d'une montre, mais le laisse tourner dans l'autre sens. Le barillet peut tourner sur les billes 22. Un carter inférieur achève de mettre les pièces à l'abri des poussières.

Sur l'arbre D sont montés deux rochets 24, 26, de sens contraires avec les cliquets 25, 27, manœuvrables par le doigt 28 et la came 29. Le doigt 28 peut occuper deux positions : 1° Posi-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 7 (juillet 1911), p. 389.

(2) Avec l'ancien frein à vis, l'amplification totale n'est que de 720,7. D'autre part, le rendement de la vis est bien inférieur à celui du cric.

tion extrême correspondant au desserrage complet du frein: le cliquet 25 s'oppose à la rotation de l'arbre D dans le sens des aiguilles d'une montre, la croix de Malte formée par les roues dentées 16, 17, est à fond de course, le ressort est remonté de 30 tours; 2° Position extrême correspondant au serrage: le cliquet 27 s'oppose à la rotation de l'arbre en sens inverse des aiguilles d'une montre.

Le doigt 28 ne peut être manœuvré que par le garde-frein lorsqu'il se trouve dans la guérite.

La commande de la came 29 et des cliquets peut être aussi effectuée par un secteur 30 à trois rainures dans lesquelles sont engagés trois câbles Bowden 31, 32, 33. Chacun d'eux est formé d'un câble d'acier souple entouré d'un tube flexible placé sous moulure.

Deux de ces câbles, engagés dans les rainures inférieures du secteur de manœuvre des cliquets, aboutissent vers les extrémités du wagon, en diagonale. Ils sont reliés à des leviers de manœuvre 34, 35 accessibles du sol et rappelant, par leur forme et leur position, les leviers de commande d'un frein à main.

Le troisième câble 33, engagé dans la rainure supérieure du secteur, est relié à une chaînette torse en fer aboutissant à l'extérieur de la caisse au-dessus de la porte coulissante. Cette chaînette se termine par un anneau d'accrochage (fig. 4).

En cas de jumelage, le frein d'un des wagons peut être

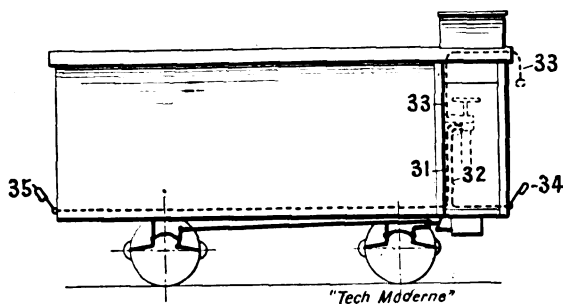


FIG. 4. — Schéma d'un wagon muni du frein Mestre.

déclenché de la guérite de l'autre wagon au moyen d'une corde dont une extrémité est attachée à l'anneau de la chaînette. Cette corde pénètre, dans la guérite occupée, par un trou pratiqué dans la cloison.

Fonctionnement. — On comprend dès lors le fonctionnement du frein. On le suppose d'abord desserré, ressort remonté à 30 tours, cliquet 25 en prise, les sabots bien réglés; on déplace le doigt 28 et en même temps le secteur 30, et on l'amène à la position de serrage; le couple développé par le ressort fait tourner la bonde, l'arbre vertical D et son volant, les roues dentées du cric et sa crémaillère, amène rapidement les sabots au contact et détermine sur ces sabots une pression qui dépend du couple actuel développé par le ressort multiplié par l'amplification et de l'intensité du choc des sabots sur les roues. L'énergie cédée par le ressort, transformée en énergie cinétique du volant et des organes de transmission, produit la déformation des organes de la timonerie qui crée la pression sur les sabots; il convient de remarquer que cette déformation ne peut produire le mouvement inverse à cause du cliquet 27 en prise, puisque le doigt 28 est dans la position de serrage, avec l'approximation, toutefois, d'une dent du rochet 26 en tenant compte de l'amplification (approximation de l'ordre du 1/25 de millimètre).

Si le wagon est vide, les sabots convenablement réglés, on pourra, connaissant la tare du wagon, l'amplification totale et le réglage, déterminer la valeur du couple à développer par le ressort, le nombre de tours, 6 par exemple, nécessaire pour amener les sabots au contact, et l'énergie rendue par le ressort de manière à avoir la pression désirable sur les sabots. Cette

pression varierait avec le réglage des sabots et il est indispensable que celui-ci ne s'écarte pas trop de la valeur fixée.

Si le wagon est plus ou moins chargé par suite de la flexion des ressorts de suspension, la distance des sabots aux roues augmente, ainsi que le nombre de tours nécessaires pour amener les sabots au contact, le couple final diminue lentement, l'énergie restituée par le ressort augmente; la puissance du frein augmente, mais sans correspondre, toutefois, à l'accroissement de la charge. Par exemple, le wagon étant chargé à son maximum, le nombre de tours du volant pour amener les sabots au contact sera de 10. Pour compléter le serrage, s'il est utile, le garde-frein agit alors sur le volant, le couple qu'il développe s'ajoute à celui du ressort, et grâce à l'amplification convenable du mécanisme, on peut atteindre la pression voisine du calage des essieux correspondant au maximum d'efficacité. En opérant ainsi, le garde-frein fait exécuter au volant quelques tours supplémentaires, en continuant à déformer la timonerie et notamment les triangles; dès que le nombre total de tours faits par le volant dans le sens des aiguilles d'une montre atteint le maximum permis par la croix de Malte, 12 tours 6/7, si le garde-frein continue à tourner le volant E, il entraîne le barillet H par l'intermédiaire de l'arbre D, du carré, de la bonde 12, des roues 16 et 17 et de leurs ergots. Le barillet H tourne alors sur son rochet 20, devant le cliquet 21, et cette rotation se traduit, en tenant compte de l'amplification, par un rapprochement des sabots. On conçoit donc que, par l'usage même du frein, on maintiendra, pour une même charge du véhicule, les sabots à une distance constante des roues, avec une approximation correspondante à un angle de rotation du volant assez faible, approximation très suffisante si on tient compte de l'amplification.

Pour que ce rattrapage de l'usure des sabots se produise, il n'est pas nécessaire que le garde-frein intervienne; même avec le wagon vide, si cette usure est telle que le simple déclenchement du frein provoque la rotation du volant d'un nombre de tours supérieur à 12 6/7, le rattrapage se produira automatiquement.

Il convient d'ailleurs de remarquer que ce rattrapage automatique de la distance des sabots aux bandages ne dispensera pas du réglage à faire, comme à l'ordinaire, au moyen de trous dans les bielles de la timonerie, ou autrement, et cela dans le but de ne pas donner aux organes des obliquités défavorables; mais le réglage automatique aura pour effet, entre deux réglages ordinaires, de maintenir constante la distance des sabots aux bandages, ainsi que l'énergie du frein. Sans ce réglage automatique, l'énergie du frein pourrait être trop variable.

Remarque. — Dans le cas où le ressort viendrait à se rompre, l'appareil continuerait à fonctionner en perdant seulement son automaticité. Il serait alors de tout point comparable à un frein de tender.

Résultats obtenus. — On s'arrange de manière que le couple statique développé par le ressort multiplié par l'amplification et le rendement du mécanisme corresponde à une pression de 2 700 kg des sabots sur les roues.

D'après les essais effectués par la Compagnie de l'Est, la durée du serrage automatique a varié de 1 à 2" (wagon vide), et de 3 à 4" (wagon chargé à 20 t); la résistance au mouvement a varié de 1 100 à 1 200 kg (wagon vide) et s'est élevée à 2 500 kg (wagon chargé); avec complètement de serrage à la main, on a obtenu des résistances variant de 3 600 à 6 300 kg.

Un seul garde-frein desservant deux wagons chargés à 20 t pourrait donc produire un effort retardateur variant de 7 à 14 t.

II. FREIN À MAIN ET À ROCHET MANŒVRABLE SEULEMENT DE TERRE. — Le frein à main et à levier actuellement en usage ne permet qu'une amplification restreinte de l'effort exercé par l'homme d'équipe, en raison de l'insuffisance de hauteur disponible entre le châssis du véhicule et la limite supérieure du

gabarit de la voie, hauteur qui définit la course possible du levier de manœuvre.

Dans le frein à main et à rochet type 1909, un levier de manœuvre L (fig. 5) est monté sur un arbre de commande tournant dans deux supports fixés, l'un, au brancard, et l'autre, à la traverse intermédiaire.

Le support du brancard porte sur sa face externe deux bossages limitant l'amplitude des déplacements du levier de manœuvre.

L'arbre de commande est muni d'un bras de déclic D destiné à effectuer les serrages et desserrages du frein. Cet arbre porte également un petit levier I, dont l'extrémité est reliée à un ressort à boudin r maintenu en tension.

Un secteur à rochet R, en acier moulé, est monté sur l'arbre de commande et peut se mouvoir entre le bras de déclic et une bague rivée sur l'arbre.

Le rochet peut être engagé par un cliquet C en acier moulé, dont l'axe est articulé dans un support également en acier.

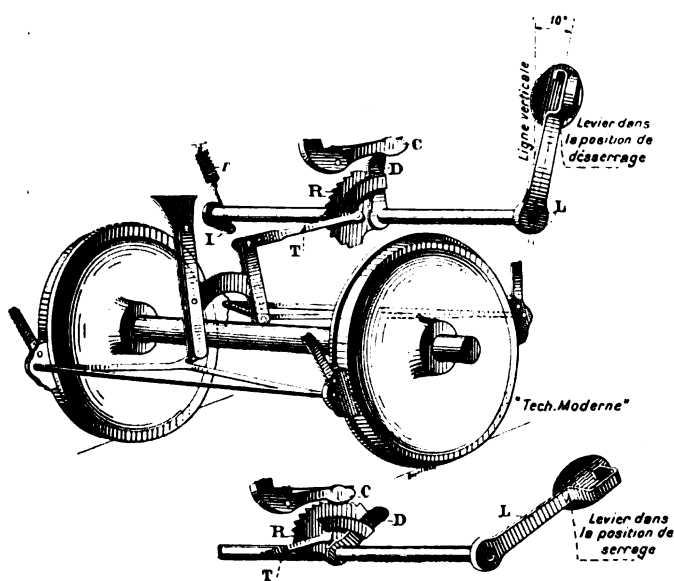


Fig. 5. — Frein à main et à rochet, manœuvrable de terre.

Ce support est fixé sur une longrine auxiliaire appartenant au châssis du véhicule. Il porte un ressort à lames agissant sur le cliquet.

Le cliquet porte, venu de fonderie, un bossage destiné à être soulevé par le bras de déclic pour rendre le rochet libre et opérer le desserrage du frein.

Un axe fixé sur le rochet sert d'articulation à une bielle de tirage T commandant, par son extrémité, une timonerie Westinghouse agissant sur les roues d'un seul essieu.

La partie de la bielle de tirage reliée à la timonerie porte des trous destinés au réglage des sabots.

Pour permettre d'utiliser le frein dans les deux sens de marche du véhicule (ce qui n'est pas possible avec le frein à levier actuel), deux leviers de manœuvre ont été montés aux deux extrémités diagonalement opposées du véhicule; ils sont conjugués par une bielle et deux manivelles.

Fonctionnement. — Lorsque le frein est desserré, le levier de manœuvre L est incliné dans le sens du serrage, à 10° de la verticale passant par l'axe de l'arbre. Le levier est maintenu dans cette position par le ressort r bandé à 35 kg environ. Dans cette position, le bras de déclic D maintient le cliquet C soulevé.

Dès que le levier L est amené vers l'arrière du véhicule, le bras de déclic D entraîne le rochet R et, par suite, la bielle de tirage T qui agit à son tour sur la timonerie.

Pendant ce mouvement du levier, le bras de déclic D, franchissant le bossage du cliquet C, rend ce cliquet libre. Ce dernier

s'abaisse et s'appuie sur une dent du secteur à rochet R qui se trouve maintenu.

Le mouvement de rotation de l'arbre de commande (et par conséquent du secteur à rochet) est la résultante de trois forces :

L'une, la plus faible, est exercée par l'agent sur la poignée du levier L;

La seconde résulte de l'action du poids du levier L;

La troisième, la plus importante, correspond à la réaction du ressort à boudin I, agissant à l'extrémité du levier I.

Pendant la rotation de l'arbre de commande, la bande initiale

TABLEAU I. — RÉSULTATS DES ESSAIS EFFECTUÉS A L'AIDE DU FREIN A MAIN ET A ROCHET.

ÉTAT DES SABOTS du frein	JEU TOTALISÉ au desserrage entre les sabots et le bandage d'une même roue	VITESSE DU WAGON au commencement du freinage	PARCOURS DU WAGON frein serré	PARCOURS DU WAGON roues enrayées	NOMBRE DE DENTS du rochet engagées par le cliquet pendant le freinage	ÉTAT DU RAIL
	mm.	km	m	m		
<i>Wagon vide.</i>						
Neufs.	22	6	6	5	3	Gras.
		8	9	8	3	
		10	9	8	2	
		12	18	15	2 (1)	
		12	7	6	3	
	47	14	17	14	3	Sablé.
		8	3	1,5	3	
		12	9	7	2	
		14	6	5	3	
		7	2	2	6	
Usés.	22	10	6	4	6	Sablé.
		13	7	0	6	
		6	3	1,5	1	
		10	6	5	2	
		12,5	8	7	2	
		15	12	10	2	
<i>Wagon chargé à 20 tonnes.</i>						
Neufs.	22	6	6	0	1	Gras.
		9	12	0	2	
		12	15	0	2	
		15	18	0	2	
		7	7	0	1	Sablé.
	50	9	9	0	1	
		10	7	0	2	
		13	15	0	2	
		15	20	0	2	
		6	6	0	5	Gras.
Usés.	50	8	12	0	5	
		11	14	0	5	
		15	24	0	5	
		6	6	0	4	
		9	12	0	4	
		12	13	0	4	
		15	20	0	4	

(1) Frein peu serré avec intention.

du ressort r s'augmente graduellement jusqu'à un maximum de 70 kg environ. Cette bande correspond à la position verticale de l'axe du ressort.

Pendant un freinage, toutes les pièces mobiles se déplacent avec rapidité; les sabots arrivent au contact des bandages et s'immobilisent, pendant que les autres organes, par suite du lancé, réagissent sur les triangles pour les bander comme de véritables ressorts.

Cette bande est maintenue par le cliquet venant s'engager sur une dent du secteur à rochet.

Le desserrage du frein s'effectue en ramenant le levier L à sa position primitive. Pendant cette rotation, le frein reste serré tant que le bras de déclic D n'a pas atteint le bossage du cliquet C.

A ce moment, si l'on continue à faire tourner le levier L, le bras de déclic soulève le cliquet et dégage le rochet. Les triangles n'étant plus maintenus reprennent leur forme primitive, et, en se débandant, font tourner rapidement le rochet R.

Pendant le mouvement du levier L, le ressort à boudin r repasse de nouveau par une tension maximum de 70 kg environ, puis, en se débandant, ramène ce levier à la position correspondante au desserrage et l'y maintient.

En résumé, la seule opération à effectuer, soit pour serrer, soit pour desserrer le frein, consiste à faire tourner le levier L de la quantité nécessaire pour amener le ressort r dans la position verticale et lui faire dépasser cette position.

A ce moment, on peut abandonner le levier L et laisser agir le ressort r seul.

Le frein à main et à rochet à timonerie Westinghouse monté sur le wagon NN, n° 163 222, par les ateliers de Romilly, a été soumis à différents essais.

Ces essais ont été effectués avec wagon vide, puis chargé à 20 t. Le réglage des sabots a été modifié plusieurs fois au cours des essais.

Le wagon était lancé sur voie droite et de niveau; un agent saisissait, au passage, la poignée du levier de commande du frein pour opérer le serrage.

Le tableau 1 (p. 511) donne les observations recueillies.

Le tableau ci-après donne, pour un même réglage de sabot, les parcours du wagon freiné à des vitesses croissantes.

L'essai a été fait dans les conditions suivantes : wagon vide; sabots neufs; bandages neufs; jeu totalisé entre les sabots et le bandage d'une même roue : 20 mm; rail humide, mais bien sablé.

VITESSE DU WAGON au commencement du freinage	PARCOURS du wagon frein serré	NOMBRE DE DENTS du rochet engagées par le cliquet pendant le freinage
6 km	1,50	1
6	2,00	2
8	3,00	2
10	6,00	2
10	5,00	2
12	7,00	2
14	10,00	2
15	11,00	2

Le parcours l en m du wagon freiné vide lancé à la vitesse de V km à l'heure est donc approximativement :

$$l = 0,05 V^2,$$

ce qui correspond à une résistance au mouvement d'environ 80 kg par tonne.

Lorsque le wagon est chargé à son maximum, le parcours d'arrêt est à peu près doublé, la résistance par tonne est sensiblement divisée par 2, la résistance totale est donc augmentée de 50 %. Cette augmentation doit résulter du surécartement des sabots, de manière à les mettre à l'abri de la poussière et de l'humidité.

J. N.

Dénivellations de la voie et oscillations des véhicules de chemins de fer.

M. Georges Marié a publié, dans les *Annales des Mines*, une note complémentaire sur les oscillations du matériel résultant des dénivellations de la voie. Dans les diverses études publiées pré-

cedemment, M. Marié avait supposé que le véhicule se mouvait sur une voie présentant des dénivellations de forme rectangulaires, cas plus défavorable que celui de la pratique; aujourd'hui, il généralise le problème au cas d'un profil de voie absolument quelconque.

En appelant :

h , la dénivellation périodique, c'est-à-dire la différence de niveau entre les points hauts et les points bas du rail;

f , le frottement proportionnel des ressorts;

a , la flexion statique des ressorts;

φ , le coefficient de frottement des lames des ressorts les unes sur les autres;

n , le nombre de lames;

c , l'épaisseur des lames;

l , la longueur de la maîtresse lame;

g , l'accélération de la pesanteur;

p , le demi-écartement des rails;

m , le demi-écartement des ressorts d'un même essieu;

u , l'altitude du centre de gravité du poids suspendu au-dessus du centre d'oscillation (indépendant de n , nombre de lames);

ρ , le rayon de giration du poids suspendu par rapport à l'axe d'oscillations;

les formules obtenues sont les suivantes :

I. CAS DES JOINTS CONCORDANTS ET DES DÉNIVELLATIONS PARIELLES SUR LES DEUX FILES DE RAILS. — Ce cas comprend des oscillations verticales parallèles et des oscillations de galop.

a) Condition de convergence des oscillations :

$$h < 4fa.$$

b) Frottement proportionnel des ressorts à lames :

$$f = 2\varphi(n-1)\frac{c}{l}$$

avec $f=0,20$.

c) Amplitude totale des oscillations de la caisse dans l'espace :

$$A < 2h.$$

d) Durée des oscillations doubles aller et retour :

$$2t = 2\pi\sqrt{\frac{a}{g}}.$$

e) Surcharge ou décharge proportionnelle des ressorts subissant les plus grandes variations :

$$D < \frac{h}{a},$$

ou plus exactement :

$$D < \frac{h}{a} + f.$$

f) Amplitude totale des oscillations du poids suspendu par rapport au poids non suspendu (mesuré au-dessus des ressorts ayant les plus grandes variations) :

$$A' < 2h.$$

II. CAS DES JOINTS ALTERNÉS OU DES VARIATIONS DISSYMETRIQUES. — g) Condition de convergence des oscillations :

$$h < 4fa\frac{p}{m}.$$

h) Amplitude totale dans l'espace :

$$A < 2h\frac{m}{p}\frac{m^2}{m^2 - an}.$$

i) Durée des oscillations doubles :

$$2t = 2\pi\frac{p}{m}\sqrt{\frac{a}{g}\frac{m^2}{m^2 - an}}.$$

dans laquelle ρ , rayon de giration de la caisse, par rapport à l'axe d'oscillation, est lié à la valeur ρ_0 du rayon de giration, par rapport au centre de gravité par la formule :

$$\rho^2 = \rho_0^2 + n^2.$$

j) Amplitude des oscillations du poids suspendu par rapport au poids non suspendu :

$$A' = A < 2 \left[h \frac{m}{p} \frac{m^2}{m^2 - an} \right].$$

k) Surcharge ou décharge proportionnelle des ressorts subissant les plus grandes variations :

$$D < \frac{h}{a} \frac{m}{p} \frac{m^2}{m^2 - an},$$

ou plus exactement :

$$D < \left(\frac{h}{a} + f \right) \frac{m}{p} \frac{m^2}{m^2 - an}.$$

Les formules de la deuxième série doivent s'appliquer au cas des oscillations de galop de la première série quand les essieux sont très rapprochés et que le centre de gravité est très élevé, ce qui est le cas des voitures à impériales; dans ce cas, les valeurs de m et p des formules ci-dessus sont toutes deux égales au demi-écartement des deux essieux.

Ces formules sont d'un emploi très facile; elles sont homogènes et peuvent être appliquées avec des unités quelconques.

M. Marié calcule ensuite les variations de charge des ressorts dans les changements brusques de profil et dans la pente du surhaussement à l'entrée en courbe et à la sortie, puis étudie le cas de la double et de la multiple suspension.

Les expériences effectuées ont confirmé les résultats de ces calculs et ont montré notamment que la valeur de la surcharge et de la décharge maximum des ressorts ne dépend pas de la vitesse; elle est moindre avec une grande vitesse et une bonne voie qu'avec une faible vitesse et une voie fatiguée.

D'autre part, la grande souplesse des ressorts avant et des autres ressorts de suspension est essentiellement avantageuse pour réduire les variations de charge des ressorts dues aux dénivellations. L'amplitude des oscillations dues aux dénivellations est indépendante de la flexion statique des ressorts; par conséquent la variation proportionnelle de compression des ressorts est inversement proportionnelle à cette flexion statique. De plus, dans les oscillations en courbe, l'amplitude des oscillations de roulis dues à l'entrée en courbe augmente avec la flexion statique des ressorts.

Cette flexion statique doit donc avoir une limite qui est de 100 mm environ.

Enfin, les conclusions des dernières études sur les oscillations du matériel sont les suivantes pour la voie : on arrive à redresser la courbe des dénivellations en employant des joints concordants en porte à faux avec puissantes éclisses cornières reposant sur les deux traverses voisines du joint que l'on rapproche.

Pour le matériel :

1° L'amplitude de l'oscillation de la caisse dans l'espace et l'amplitude des oscillations de la caisse par rapport aux roues sont indépendantes de la flexion des ressorts;

2° La variation proportionnelle de compression des ressorts est inversement proportionnelle à la flexion statique a .

Cette flexion statique a été trouvée devant être supérieure à 0^m,05 à cause des dénivellations, inférieure à 0^m,10 à cause des courbes. Elle variera donc de 0^m,05 à 0^m,10.

F. D.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Installations électriques des aciéries de l'Eicher-Huttenverein, Le Gallais-Metz.

Jusqu'en 1907, les fours électriques n'avaient guère été employés, dans la fabrication de l'acier, qu'en remplacement de fours au creuset, pour la fusion de produits de haute valeur, ou pour le traitement d'aciers déjà passés au Martin ou au convertisseur, et enfin comme substituant du Martin lorsque l'énergie électrique pouvait être produite à bas prix, au moyen de forces hydrauliques.

A cette époque, la Compagnie Le Gallais-Metz fit des essais sur le traitement direct de la fonte dans un four Rochling-Rodenhauser d'une capacité de 700 kg. La fonte traitée contenait 3,5 % de carbone, 0,6 de silicium, 1,2 de manganèse, 1,8 de phosphore; les résultats obtenus conduisirent la compagnie à décider l'installation d'une aciérie électrique.

Cette installation, mise en service récemment, comprend deux fours monophasés Kjellin-Rochling-Rodenhauser et un four

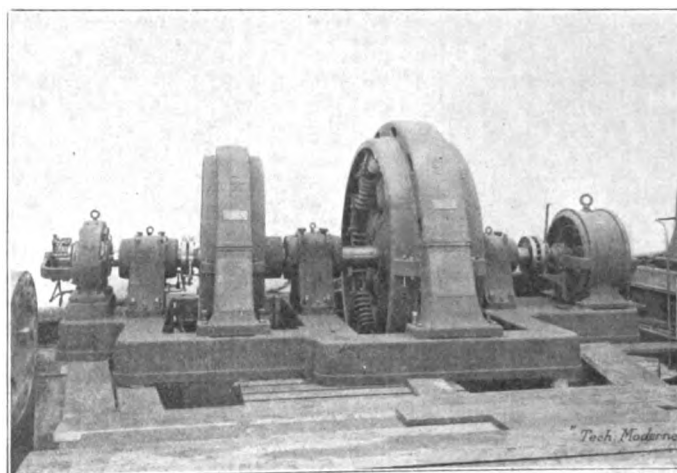


FIG. 1. — Vue d'un groupe convertisseur.

triphasé qui ont été construits par la Société Siemens-Halske. L'énergie est fournie par la centrale de la Compagnie, qui dispose d'un alternateur triphasé (1 800 kw, $\cos \varphi = 0,8$; 5 000 volts, 50 périodes, 94 tours par minute) actionné par un moteur à gaz de haut fourneau, d'un turbo-alternateur de réserve formé d'un générateur (800 kw, $\cos \varphi = 0,8$, 5 000 volts, 50 périodes, 3 000 tours par minute) et d'une turbine Zoelly.

L'électricité est transmise de cette centrale à la sous-station de l'aciérie par un câble sous plomb armé; cette sous-station comprend deux groupes identiques composés chacun de :

1° Un moteur synchrone (715 chevaux, 5 000 volts, 50 périodes, 16 pôles); 2° Un alternateur monophasé, de 825 à 950 kw, de 3 000 à 3 500 volts, 25 périodes, 8 pôles; 3° Un moteur triphasé de démarrage (140 chevaux, 500 volts, 50 périodes, 485 tours par minute); 4° Une dynamo excitatrice (110 volts, 218 ampères).

Chaque groupe (fig. 1) est monté sur un bâti commun à trois paliers refroidis par circulation d'eau et graissés par bagues; les carcasses en fonte du moteur et du générateur sont en deux pièces; les moyeux des rotors, en une seule; le poids est approximativement de 50 000 kg. Le tableau est formé de cinq panneaux portant les appareils de mise en marche et de réglage des machines électriques et des fours; derrière le tableau, outre les canalisations électriques, se trouvent deux régulateurs d'excitation des générateurs, deux commutateurs bipolaires, six fusibles à haute tension, les coupe-circuits automatiques à courant de rotor, les

barres triphasées à 500 volts des moteurs de démarrage, les barres à courant continu à 110 volts pour l'excitation et les interrupteurs séparateurs. Chaque panneau porte une lampe indicatrice qui s'allume lorsque la machine correspondante est en circuit. Les appareils à haute tension sont placés en compartiment dans les sous-sols ; ils sont commandés électriquement à distance.

Le bâtiment des fours est distant de la sous-station d'une quarantaine de mètres ; les canalisations qui l'y relient consistent en cinq câbles logés dans un canal en maçonnerie soigneusement ventilé ; elles aboutissent aux compartiments des fours, qui sont équipés comme ceux de la station de transformation.

Les deux fours monophasés sont de même construction (fig. 2) ; ils sont établis pour une tension de 3 500 volts, 25 périodes et absorbent 950 kw. Les enroulements sont enveloppés d'une caisse de laiton ; ils sont refroidis par une circulation d'air. La réfrigé-

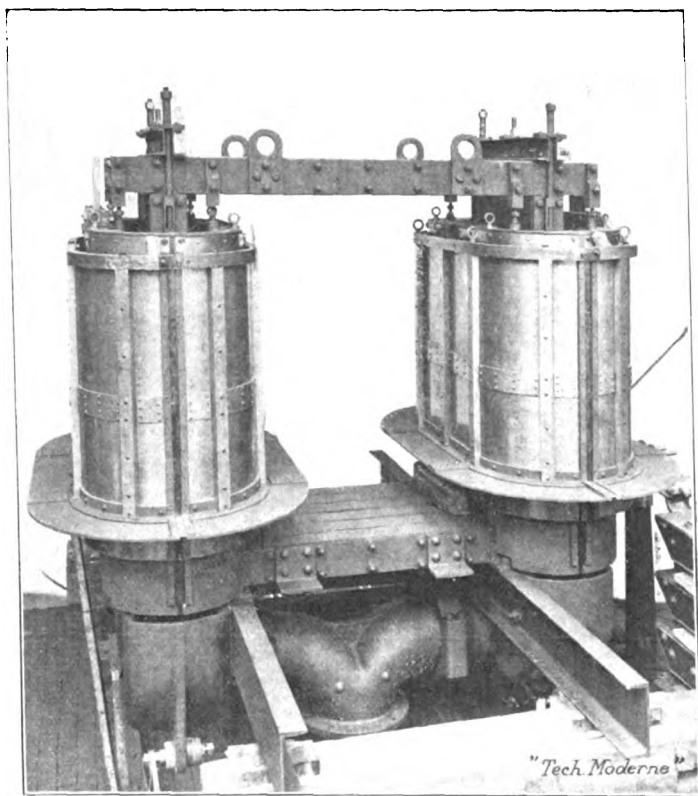


FIG. 2. — Dispositif électrique du four monophasé.

ration est assurée par deux ventilateurs électriques triphasés, de 75 chevaux, 500 volts, 975 tours par minute. Les moteurs de ces ventilateurs sont des moteurs à bagues ; l'air est pris à l'extérieur, filtré et refoulé dans une canalisation allant aux fours ; les conduites de réfrigération des fours communiquent avec la canalisation par des tuyaux télescopiques.

Les fours sont basculants ; lorsque le traitement de la charge est achevé, on fait basculer l'appareil vers l'avant, au moyen d'un moteur triphasé de 10 chevaux, 500 volts, 710 tours-minute, agissant sur l'axe de basculement par l'intermédiaire d'une réduction à vis sans fin ; le four est arrêté au moyen de freins différentiels à bande, commandés par électro-aimant ; l'angle maximum de déplacement est de 45° vers l'avant et de 17° vers l'arrière, par rapport à l'horizontale. Le basculement vers l'arrière sert au chargement des scories. Le réglage est obtenu en agissant sur le courant d'excitation des générateurs principaux. Les appareils de contrôle sont montés sur une plate-forme. Une colonne porte les instruments de mesure pour chaque four ; il y a, de plus, un régulateur à tambour pour chacun des moteurs de basculement.

Le revêtement des fours est en magnétite ; une forme en bois est employée pour l'aménagement de la rigole. La mise en marche s'effectue en chauffant le four au moyen d'anneaux de fer qui sont laissés dans l'appareil jusqu'à ce qu'ils soient portés au rouge.

Le four triphasé (fig. 3) absorbe 275 kw, sous 500 volts (50 périodes, $\cos \varphi = 0,7$). La construction est identique à celle des fours monophasés ; le réglage s'effectue au moyen d'un transformateur permettant d'appliquer aux bornes du four six tensions différentes. Une colonne porte un wattmètre, un voltmètre et trois ampèremètres, le levier de l'interrupteur principal, deux volants à main pour la commande à distance des régulateurs de tension (comme dans les fours monophasés) et le contrôleur du moteur.

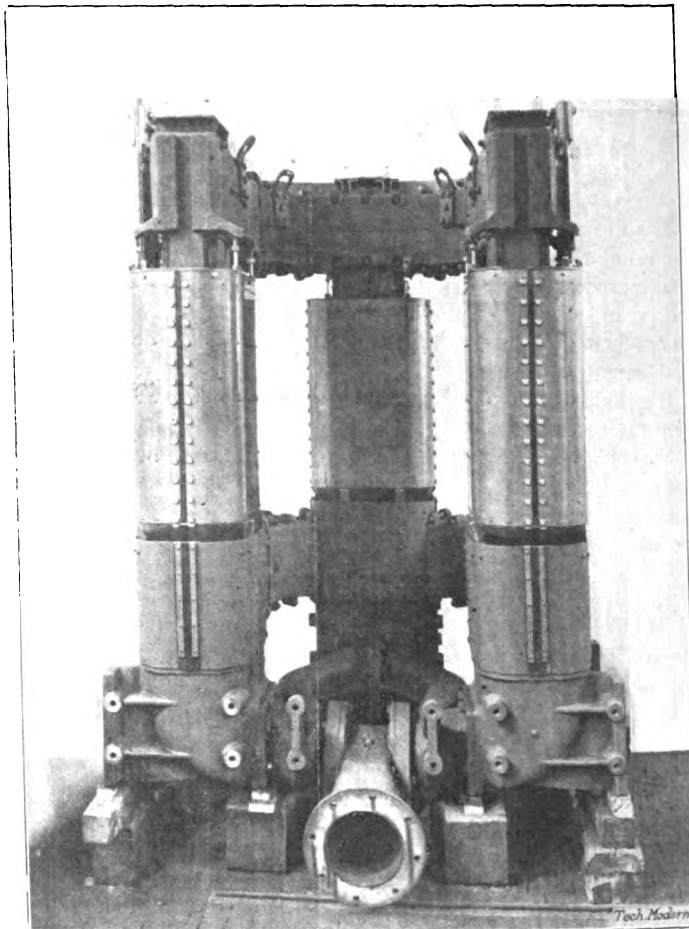


FIG. 3. — Dispositif électrique du four triphasé.

Les appareils sont réunis sur la plate-forme ; l'équipement de celle-ci se complète d'un petit tableau pour le moteur.

Un système de téléphones haut-parleurs établit la communication entre la centrale génératrice, la sous-station et l'aciérie ; chaque plate-forme de four porte un poste sur colonne ; la centrale et la sous-station sont munies d'un poste mural.

Les résultats métallurgiques obtenus ont, paraît-il, été complètement satisfaisants ; l'aciérie électrique peut fournir directement, en partant de la fonte, les meilleurs aciers et les fers électriques. La Compagnie a, en conséquence, décidé d'augmenter ses installations et a commandé un four triphasé de 3 tonnes 1/2. Elle a déjà mis en service un convertisseur basculant Weilmann-Seaver et Head (de Londres), ce qui lui permet de travailler dans les fours électriques avec des charges déjà épurées.

M.

HYGIÈNE URBAINE

La nouvelle usine municipale de désinfection de la Ville de Paris.

Le problème qui se pose lorsqu'il s'agit d'organiser une station de désinfection est double : 1° assurer la désinfection complète des objets très divers qui peuvent être contaminés ; 2° rendre impossible, non seulement par des règlements, mais surtout par des dispositions matérielles, la contamination du personnel de la station.

La solution que M. le Dr Thierry, chef des services techniques d'hygiène de la Ville de Paris, et son collaborateur M. Bercher, contrôleur du service de la désinfection, ont adoptée pour la station de désinfection municipale de la ville de Paris, fait de cet établissement un établissement modèle.

ORGANISATION GÉNÉRALE. — La station, dont nous donnons le plan figure 1, est sise à Paris, 6, rue des Récollets. Elle a été

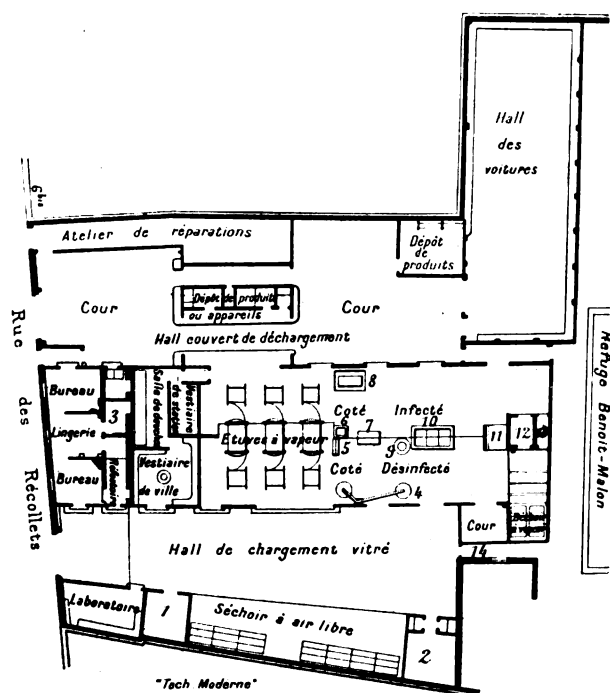


FIG. 1. — Plan de la Station de désinfection municipale de la Ville de Paris. — 1, remise ; 2, dépôt de combustible ; 3, lavabo ; 4, générateurs de vapeur ; 5, moteur à vapeur ; 6, bac d'essangeage ; 7, machine laveuse désinfecteuse ; 8, stérilisateur des eaux usées ; 9, essoreuse centrifuge ; 10, bacs de désinfection par trempage antiseptique ; 11, étuve à formol ; 12, chambre à formol ; 13, chambre à sulfuration ; 14, dépôt des vêtements du refuge.

ouverte le 1^{er} juillet 1911. Elle est divisée en deux parties : la première dite « côté infecté », la seconde « côté désinfecté ». Ces deux parties sont aussi isolées l'une de l'autre qu'il est possible par une cloison continue ; il n'y a entre elles de communication : pour le personnel, que par l'intermédiaire de deux vestiaires (le vestiaire de ville et le vestiaire de station) séparés par une salle de douches (fig. 1) et, pour les objets traités, par divers appareils de désinfection.

La force motrice provient de générateurs à vapeur alimentés par deux moteurs verticaux. La surface de chauffe est d'environ 40 m². Les principaux appareils, construits par les établissements Geneste-Herschler sur les données de M. le Dr Thierry, sont les suivants :

1° *Entièrement du côté infecté.* — Un bac d'essangeage et un stérilisateur des eaux usées.

2° *A cheval sur les côtés infecté et désinfecté.* — Des étuves à

vapeur, une laveuse désinfecteuse, des bacs de trempage antiseptique, une étuve à formol, une chambre à formol, et une chambre à sulfuration.

3° *Entièrement du côté désinfecté.* — Une essoreuse centrifuge, un moteur, deux générateurs de vapeur, un séchoir à air chaud et un séchoir à air libre.

Les objets contaminés ou soupçonnés de contamination, pris à domicile, sont entrés, directement du dehors, dans le « côté infecté ». Ils sont déchargés sous un hall vitré et dirigés immédiatement, selon leur nature et le genre de contamination qu'ils ont subie, vers les appareils de désinfection, les linges et les effets fortement maculés étant, au préalable, passés dans le bac d'essangeage.

DÉSINFECTION DES OBJETS. — Les effets, la literie sont soumis au traitement des étuves à vapeur dont la température est portée à 112° C.

D'une façon générale, les linges, sauf les linges de couleur et les flanelles, sont désinfectés dans la laveuse désinfecteuse. Cet appareil est constitué par deux cylindres concentriques. Le cylindre extérieur est à paroi pleine et fixe ; le cylindre intérieur à paroi perforée et mobile. On peut faire pénétrer, à volonté, dans la laveuse, de l'eau chaude, de l'eau froide, de la vapeur et des solutions de lessive ; le nettoyage se fait automatiquement.

Les trois bacs de désinfection par trempage antiseptique sont particulièrement affectés au traitement des linges de couleurs et des flanelles qu'un autre mode de désinfection pourrait détériorer. Dans ces bacs, construits en ciment armé, on peut faire varier la température de 10° C à 60° C. On peut, comme précédemment, y amener, par une tuyauterie spéciale, de l'eau froide, de l'eau chaude, de la vapeur, etc. Leurs fermetures sont « contrariées », c'est-à-dire qu'il n'est possible de les actionner qu'alternativement du « côté infecté » et du « côté désinfecté ».

Dans l'étuve à formol, la désinfection est opérée au moyen de l'air sec et de l'aldéhyde formique, entre 65° C et 85° C. Cet appareil peut servir au traitement des objets de toutes espèces ; mais, en fait, il n'est utilisé que pour les opérations rapides, principalement pour l'assainissement des cuirs, des livres, des fourrures, que l'humidité ou des températures un peu élevées abîmeraient.

La chambre à formol, établie par M. Lequeux, sur les instructions des services de la Ville de Paris, est destinée à des usages analogues, mais exigeant une action antiseptique plus prolongée en même temps qu'une température plus basse. La capacité de cette chambre est plus grande que celle de l'étuve ; les objets y sont maintenus pendant sept ou huit heures, ordinairement au-dessous de 60° C.

Enfin, les objets que des parasites ont atteints sont passés dans la chambre à sulfuration, où la désinfection s'opère par combustion de soufre ou, au moyen d'un tube approprié, par projection d'anhydride sulfureux. Un chariot permet d'entrer et de sortir les objets sans que personne soit obligé de pénétrer dans la chambre.

MANUTENTION APRÈS DÉSINFECTION. — Après désinfection, les linges ou effets divers sont sortis des appareils du « côté désinfecté ». Les linges qui proviennent de la laveuse désinfecteuse ou des bacs de trempage sont, pour la plupart, placés dans une essoreuse centrifuge qui fonctionne à 1200 tours à la minute. Après quoi, ils sont transportés, sur des chariots, dans un séchoir à air chaud, dont la superficie est d'environ 10 m² et qui peut être chauffé, par un jeu de tubes à ailettes, jusqu'à 80° C.

Les linges que l'on retire des étuves à vapeur sont déposés dans le séchoir à air libre. Ce séchoir est installé sous un hangar fermé par une grille, dans le genre de celles employées dans les gares du chemin de fer métropolitain de Paris. Quarante claies, mues par un treuil, donnent la faculté d'étendre les effets sur une grande surface.

DÉTAILS DE L'ORGANISATION. — Les lessives chaude et froide

sont préparées dans des bacs spéciaux situés à quelques mètres au-dessus du sol. Elles sont distribuées dans les divers appareils au moyen de tuyaux et de robinets.

Le chauffage, dans toute l'installation, se fait par la vapeur. Suivant les cas, des indicateurs ou des enregistreurs de température ou de pression assurent la régularité des opérations.

Par mesure de prudence, les eaux usées ne vont pas directement à l'égout : elles passent dans un stérilisateur construit sur les indications du Dr Thierry et particulier à l'établissement, où elles sont portées à près de 150° C.

Les tuyaux d'eau froide, d'eau chaude, de vapeur, de lessives et d'eaux usées sont peints de couleurs différentes et de nombreux tableaux indiquent leur spécification.

Comme aucune communication directe n'existe entre les côtés « infecté » et « désinfecté », des regards vitrés ont été aménagés, de place en place, dans la cloison qui sépare les deux départements. En outre, on a disposé des sonneries électriques, qui permettent, au moyen d'appels conventionnels, de commander la manœuvre des appareils et les différentes manipulations.

A côté des deux salles d'opération dont le sol est cimenté et les murs recouverts de faïence blanche émaillée jusqu'à une hauteur de 6 m, la station comporte des cours asphaltées et de nombreux locaux, isolés pour la plupart les uns des autres par des portes à glissières : un laboratoire, des bureaux, une lingerie, un réfectoire, des vestiaires avec armoire individuelle, une salle de douches, des lavabos, des dépôts de produits, de matériel et de combustibles, un hall pour les voitures, un dépôt des vêtements du refuge Benoit-Malon, et enfin, complètement séparé, un atelier de réparations.

DISPOSITIONS SANITAIRES RELATIVES AU PERSONNEL. — Nous avons dit précédemment comment on avait réalisé l'isolement du « côté infecté », par rapport « au côté désinfecté ». Cette disposition rend difficile, par elle-même, la propagation des germes infectieux à l'intérieur et à l'extérieur de l'établissement. Mais elle serait insuffisante si, d'autre part, un certain nombre de mesures n'avaient été prises pour éviter toute contamination du personnel ; les employés qui doivent effectuer leur service du « côté infecté », sont astreints à quitter leur tenue de ville, dès leur entrée, qui se fait par le « côté désinfecté », et à se couvrir, dans le *vestiaire de station*, des coiffures et des effets, en tissu aisément nettoyable, que l'administration met à leur disposition.

Inversement, nul ne peut passer du « côté infecté » dans le « côté désinfecté » sans s'être débarrassé des effets de station et sans avoir pris une douche. Les hommes qui travaillent dans l'un et l'autre département n'ont d'ailleurs aucune occasion de se déplacer et, comme chacun, avant de sortir de la station, doit reprendre ses vêtements au *vestiaire de ville*, où ne se trouvent que des effets sains, toute contamination du personnel est *matériellement* impossible.

De plus, les effets de station, ainsi que les peignoirs et les essuie-mains, dont les employés ont le libre usage, subissent, aussi souvent que nécessaire, le traitement des objets infectés.

En résumé, par l'esprit d'ordre et la méthode qui ont présidé à son organisation, par le matériel perfectionné qu'elle met en œuvre, par ses aménagements ingénieux et pratiques et par les services qu'elle a déjà rendus, la station municipale de désinfection de la Ville de Paris est l'établissement sanitaire le plus utile et le mieux agencé qui existe. C'est à ces divers titres que cette usine méritait d'être décrite avec quelques détails.

E. F.

MÉCANIQUE

Machine mi-fixe Compound (système R. Wolff).

Le dernier perfectionnement de principe qui a été apporté aux machines locomobiles et mi-fixes est le compoundage avec surchauffe intermédiaire.

Les machines se construisent actuellement pour les puissances de 10 jusqu'à 800 chevaux, et la machine mi-fixe compound qui figurait à l'Exposition de Bruxelles a une puissance de 500 à 650 chevaux.

Elle est munie d'un surchauffeur intermédiaire et fonctionne avec un condensateur par mélange.

La chaudière est du type à faisceau tubulaire amovible ; elle peut marcher à 15 kg de pression effective sans aucune difficulté.

Elle est en tôles rivées hydrauliquement, les rivets et les joints ayant ensuite été travaillés et matés.

Le faisceau tubulaire, composé de la plaque avant, de la boîte à feu, des tubes et de la plaque tubulaire de la boîte à fumée, peut facilement être retiré vers l'extérieur et, dans cette position, nettoyé de façon parfaite, lorsque les deux brides d'assemblage sont enlevées.

Les tubes sont vissés, dudgeonnés et matés dans la plaque avant et dudgeonnés dans la plaque arrière.

La longueur du faisceau tubulaire est réduite de façon à utiliser

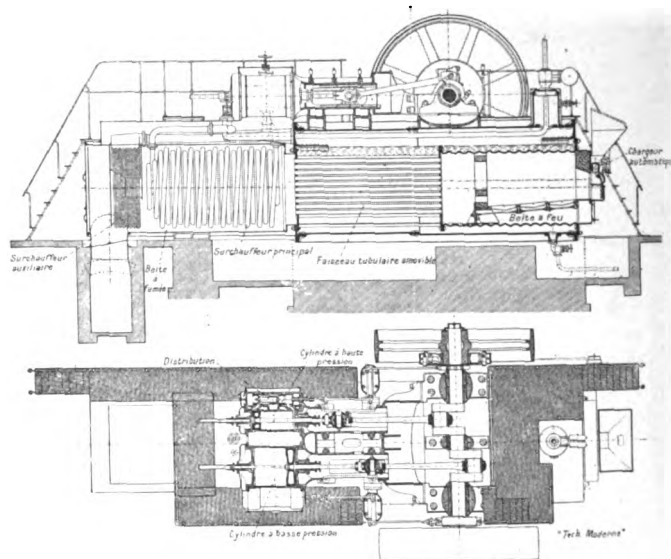


FIG. 1. — Moteur fixe Compound système R. Wolff.

les gaz chauds, dont la température est inférieure à 450° C, non plus dans la chaudière, mais dans le surchauffeur.

La chute moyenne de température entre les gaz chauds et le contenu de la chaudière, pour la même vitesse de combustion, est donc beaucoup plus grande que dans une chaudière à vapeur saturée, où les gaz se refroidissent jusqu'à la température de la cheminée, c'est-à-dire jusqu'à environ 280° C.

De plus, pour les hautes températures, le coefficient de transmission thermique étant plus grand que pour les températures plus basses, il en résulte un accroissement important de la vaporisation par mètre carré de surface de chauffe ; grâce à cela, la consommation de vapeur de la machine se trouve réduite à 4 kg, c'est-à-dire diminuée de 40 % environ.

Il est aussi possible d'établir, sur ce principe, une chaudière à faisceau tubulaire amovible, dont les dimensions générales soient comprises dans les gabarits de chemins de fer, et dont la longueur de grille ne dépasse pas la longueur pratiquement utilisable (2 m) et pouvant produire une quantité de vapeur suffisante pour donner facilement une puissance de 1 000 chevaux dans la machine.

Le surchauffeur principal ou à haute pression est placé immédiatement en arrière du faisceau tubulaire.

Il est constitué par de forts tubes en acier sans soudure.

La surface de chauffe tubulaire dont le surchauffeur est constitué est disposée de telle sorte que, non seulement les gaz de combustion la baignent de toutes parts, de même que celle de la

chaudière, mais que, de plus, ils sont mélangés très énergiquement.

L'emplacement occupé par le surchauffeur est d'ailleurs faible et, par suite, la surface extérieure de refroidissement minime, de sorte que la perte par rayonnement est minimum.

La vapeur saturée pénètre à l'intérieur du surchauffeur dans sa partie la plus froide et s'en échappe dans sa partie la plus chaude.

En raison de ce « contre-courant » des gaz chauds et de la vapeur, les premiers se refroidissent en passant d'environ 450° C, à l'arrière du surchauffeur, à environ 300° C, à l'arrière du surchauffeur principal, tandis que, dans ce dernier, la vapeur se réchauffe de 200° C à 350° C, la surchauffe dépassant donc de beaucoup la température des gaz à la cheminée.

De même que le surchauffeur principal fait suite immédiatement à la chaudière, le surchauffeur intermédiaire ou surchauffeur à basse pression est disposé à proximité immédiate du premier.

Les changements de direction du courant des gaz chauds sont assez nombreux pour obtenir que toute la surface de chauffe soit parfaitement baignée par la masse gazeuse, sans diminuer plus qu'il ne faut le tirage de la cheminée.

Toutes les canalisations allant ou partant des surchauffeurs sont disposées dans une sorte de canal de la boîte à fumée, où elles sont facilement accessibles tout en étant préservées contre le refroidissement.

Le nettoyage des tubes de fumée et du surchauffeur s'effectue au moyen d'un dispositif de ramonage par soufflerie à jets horizontaux.

La vapeur est utilisée dans les deux cylindres d'une machine compound dont les manivelles sont calées à 180°.

Les deux glissières sont réunies en une seule pièce formant un bâti fourchu très robuste à trois branches; sur l'un des côtés viennent se fixer les cylindres en porte à faux, sur l'autre sont boulonnés les trois larges paliers de l'arbre-manivelle.

Ces paliers sont, en outre, solidement boulonnés sur une semelle embrassant largement la chaudière et rivée avec elle, tandis qu'au contraire, l'autre extrémité du bâti, avec les cylindres, peut se déplacer sur un support fixé sur la chaudière, de façon à permettre librement les effets de la dilatation, sans avoir à craindre aucun jeu dans le sens transversal ni aucun effort anormal.

Cette liaison large et robuste du bâti avec la chaudière remplie d'eau servant de fondation à la machine a pour but de préserver complètement la chaudière de toute influence nuisible des efforts et mouvements provenant du mécanisme moteur.

Les cylindres sont en fonte coulée; la crosse, en acier; les têtes de bielle et têtes de crosse sont pourvues de coussinets en bronze; les coussinets de l'arbre-manivelle sont en fonte avec garniture en métal antifricition.

Dans chacun des deux cylindres, la vapeur est distribuée par un tiroir cylindrique ou piston-valve spécial complètement équilibré, avec bagues élastiques auto-obturatrices, étudié et construit pour satisfaire aux conditions et exigences particulières de la vapeur surchauffée.

Un régulateur robuste et très sensible, monté sur l'arbre-manivelle, commande l'excentrique du cylindre à haute pression et le règle suivant la charge. Il assure une parfaite régularité de marche permettant de répondre aux exigences les plus sévères, même sous les grandes variations de charge.

D'après le constructeur, « l'expérience a fait voir que sa distribution par tiroir cylindrique est de beaucoup supérieure à toutes autres, tant comme simplicité et sûreté de marche, que comme entretien, les réparations étant réduites au minimum ».

La distribution R. Wolff est d'ailleurs conçue pour résister aux plus hautes surchauffes (400° C à 500° C).

Le réglage se fait par un régulateur axial; la légèreté des pistons-valves permet d'obtenir un réglage très rapide.

Le service de la machine peut être fait aisément grâce à une

large plate-forme qui l'entoure et à laquelle on accède du côté du foyer ou du côté de la boîte à fumée.

Toutes les pièces y compris les manivelles peuvent être graissées en marche.

Le graissage est partout automatique et nécessite en tout et pour tout le remplissage de réservoirs à huile, fixes, dont le contenu peut aisément être contrôlé de l'extérieur.

La vapeur d'échappement de la machine afflue, à travers un réchauffeur placé sur le côté de la boîte à fumée, vers le condenseur par mélange situé au-dessous du sol.

Entre les deux se trouve montée une valve alternante qui permet, en cas de besoin, de travailler avec échappement.

La pompe à air est une pompe verticale à double effet avec aspiration par rainures ménagées sur le milieu de la course du piston et refoulement par soupapes. Son piston, ainsi que celui de la pompe alimentaire, sont fixés sur une traverse commune et ont de la sorte une commande unique par excentrique.

Les robinets du condenseur et de la pompe alimentaire et le manomètre indicateur de vide sont placés sur une colonne où ils peuvent être facilement desservis.

Le foyer est muni d'un dispositif de chargement automatique à jet, qui répartit uniformément les charges, et le service du chauffeur se réduit à débarrasser de temps à autre le foyer des cendres et des scories qui pourraient l'encombrer.

Les mi-fixes Wolff peuvent être pourvues de foyers appropriés à tous les genres de combustibles ⁽¹⁾.

M.

MÉTALLURGIE ET TRAVAIL DES MÉTAUX

Influence de 0,2 % de vanadium sur les aciers de différentes teneurs en carbone.

MM. Andrew Mac William et Ernest J. Barnes ont communiqué, au dernier Congrès de l'Iron and Steel Institute, les résultats de leurs essais sur l'influence d'une teneur en vanadium de 0,2 % sur des aciers au carbone contenant de 0,09 % à 1,32 % de carbone et de 0,16 % à 0,38 % de manganèse. Ces aciers ont été essayés : a) tels quels; b) après chauffage d'une demi-heure à 900° et refroidissement à l'air; c) après chauffage de dix-huit heures à 950° et refroidissement dans le four; d, e, f) après trempe à 850° dans l'eau avec revenu ultérieur au bain de plomb à d) 400°, e) 500°, f) 700°.

Les résultats obtenus accusent une extrême sensibilité de ces aciers aux différents traitements thermiques, comme le montrent les deux tableaux ci-dessous relatifs à l'acier à 0,09 % de carbone et à l'acier à 0,56 % de carbone :

TRAITEMENT thermique	LIMITE d'élasticité kg par mm ²	RÉSISTANCE à la traction kg par mm ²	ALLONGEMENT %	STRICTION %
1° Acier à 0,09 % de carbone.				
a. . . .	52,82	60,00	24,0	70,0
b. . . .	27,72	42,05	34,5	68,2
c. . . .	20,78	36,22	39,0	72,7
d. . . .	28,98	42,68	33,0	78,9
e. . . .	31,50	48,51	35,5	77,6
f. . . .	31,50	44,25	35,0	74,7
2° Acier à 0,56 % de carbone.				
a. . . .	61,42	93,70	10,5	17,3
b. . . .	45,98	88,20	23,0	45,6
c. . . .	22,68	55,28	26,0	43,0
d. . . .	90,32	129,06	16,5	44,6
e. . . .	74,02	109,77	18,0	51,2
f. . . .	56,70	93,27	24,5	57,2

H. L.

(1) D'après une machine ayant figuré à l'Exposition de Bruxelles de 1910 (Section allemande).

NOTES DE MÉCANIQUE ET DE PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Les hélices transporteuses. — Détermination de la vitesse d'un mobile dans l'atmosphère. — Enregistrement du pouvoir calorifique des gaz.

Les hélices transporteuses. — Les hélices transporteuses, dites vis d'Archimède, constituent, dans beaucoup de cas, un moyen de transport excellent des matières en vrac, et nous le préférons, par exemple, pour la manutention automatique des charbons dans les usines et chaufferies, au système délicat et compliqué des convoyeurs à chaîne ou à tablier.

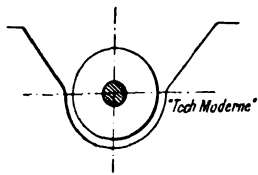


FIG. 1.

Un point toutefois laisse à désirer dans la vis d'Archimède, c'est son aptitude à coincer, lorsqu'il se présente des morceaux de dimensions irrégulières; cet inconvénient du coinage est réduit à son minimum avec des vis bien construites et un ajustement correct de la vis par rapport à l'auge; il faut, comme l'indique la figure 1, que l'auget s'élargisse brusquement à partir du demi-diamètre de l'hélice.

Néanmoins, la vis d'Archimède, envisagée comme transporteur, présente, en elle-même, un défaut qu'il est facile de montrer: si l'on analyse le fonctionnement des vis à filets pleins, et qu'on suppose ces vis partagées en différentes zones cylindriques, dont les diamètres respectifs sont désignés sur la figure 2 par les lettres A, B, C, D, on reconnaît que si l'inclinaison du filet, dans la zone cylindrique comprise entre B et A, est bien celle qui convient le mieux au transport parce qu'elle attaque la matière normalement, la zone comprise entre C et B est déjà moins apte à la véhiculation par suite de sa plus grande obliquité: quant à la zone comprise entre D et C, allant jusqu'à l'arbre lui-même, l'effet de translation qu'elle produit est sensiblement nul et le travail de cette région consiste uni-

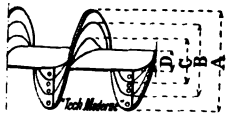


FIG. 2.

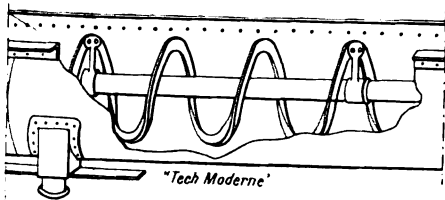


FIG. 3.

quement à presser la matière contre l'arbre.

Un constructeur, M. Gandillon, a eu l'idée fort simple, d'établir des vis « évidées » (fig. 3) où l'on n'a conservé que la zone AB; l'on arrive ainsi à un appareil qui apparaît bizarre *a priori*, mais qui possède de véritables qualités. Le coincement est complètement supprimé, ce qui est un grand progrès; s'il se produit, en effet, un engorgement, l'excès de pression qui en résulte sur le filet n'a d'autre action que de rejeter la matière dans le centre évidé; l'engorgement lui-même a infiniment moins de chance de se produire, le coincement par le tassement contre l'arbre étant supprimé. Le frottement, intense dans cette région, étant évité par suite de la suppression des filets, il en résulte une autre propriété avantageuse: la possibilité d'augmenter sans inconvénient la vitesse, et par conséquent le débit de matière transportée.

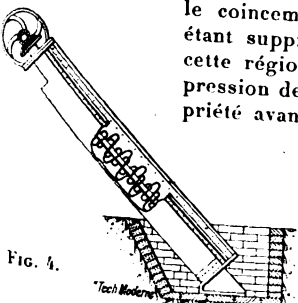


FIG. 4.

L'hélice Gandillon est surtout connue dans l'industrie sucrière; c'est pour l'avoir vue fonctionner dans une raffinerie, où elle était appliquée au transport de cassonnades, produit humide et visqueux très difficile à manutentionner, que notre attention a été attirée sur ce curieux appareil qui rendrait d'excellents services comme transporteur de charbon et de mâchefer dans l'alimentation automatique des chaufferies.

On peut appliquer ce principe de bien des manières différentes,

comme élévateur, par exemple (fig. 4); la condition, ici, est d'établir des spires concentriques, dont les tangentes font des angles égaux avec un plan perpendiculaire à l'arbre, c'est-à-dire à la direction suivant laquelle le produit doit être remonté. De cette façon, l'inclinaison des différents filets est la même en tous les points de la section de l'auge et la matière est poussée normalement en tous ses points, aussi bien au centre que sur les bords.

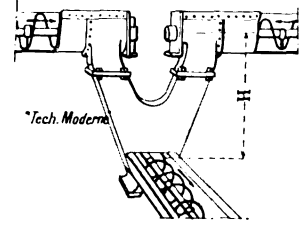


FIG. 5.

Une autre application est celle du mélange automatique; nous avons maintes fois insisté sur l'intérêt que

l'on a à brûler non pas un combustible, mais un mélange de combustibles, car on en peut régler à volonté la composition. La difficulté est de réaliser ce mélange; la figure 5 donne une première solution; en faisant varier la vitesse respective des deux vis, on fait varier dans une proportion connue la composition du mélange; une autre solution, communiquée par M. Havequez, a été heureusement appliquée à la distillerie de Ham; elle consiste, comme le montre la figure 6 à disposer côte à côte deux vis de même pas, tournant dans le même sens. En faisant varier les vitesses respectives, on fait varier les proportions de mélange, et, de plus, on obtient un effet de mélange remarquable, si l'on veut bien constater que les deux vis, quoique tournant dans le même sens, ont des vitesses opposées dans le centre.

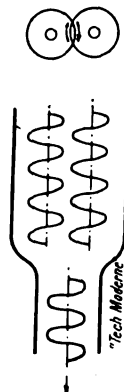


FIG. 6.

On pourrait multiplier les exemples: la figure 7 montre une application originale qui a été réalisée à la chocolaterie Menier, à Noisiel: c'est celle d'une vis transporteuse susceptible de tourner autour d'un pivot central, et qui permet par conséquent, à partir d'un point d'alimentation central, de répartir la matière dans tous les points de la périphérie.

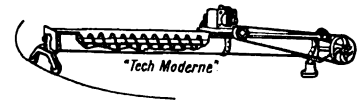


FIG. 7.

Détermination de la vitesse d'un mobile dans l'atmosphère. — Nous avons vu employer, dans l'armée italienne, un petit instrument qui nous a paru très ingénieux, et qui permet de déterminer la vitesse d'un mobile, ballon ou aéroplane; nous en donnons le principe.

L'appareil se compose essentiellement d'un quart de cercle en laiton, avec une alidade mobile permettant de faire une visée d'un objet sur le sol (fig. 1). Par un simple calcul trigonométrique, connaissant l'altitude, et l'angle correspondant à une durée de visée déterminée, on peut calculer la vitesse. Sur l'instrument que nous avons eu entre les mains, une des faces du quart de cercle était muni d'un graphique (fig. 2) portant, en ordonnées, les altitudes et, en

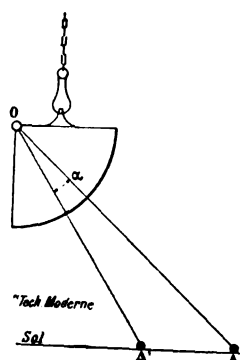


FIG. 1.

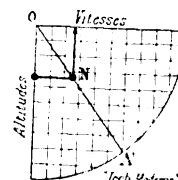


FIG. 2.

abscisses, les vitesses. Les angles étaient calculés pour une durée de visée d'une minute.

On comprend dès lors le mode d'emploi, extrêmement simple, de l'appareil: l'inclinaison initiale de l'alidade étant de 45°, on vise sur le sol un objet A (fig. 1), et on le suit dans la lunette pendant une minute; au bout de ce temps, le mobile s'étant déplacé, il a fallu

déplacer l'alidade de sa position initiale OA en sa position finale OA'; on lit alors l'altitude au baromètre, et élevant l'ordonnée passant par le point de rencontre N de la ligne d'altitude avec la ligne d'alidade OA, on obtient directement sur le graphique la vitesse cherchée, qu'on peut graduer à volonté en mètres par seconde, ou en kilomètres à l'heure.

Enregistrement du pouvoir calorifique des gaz. — La mesure du pouvoir calorifique d'un gaz combustible est précieuse dans beaucoup de circonstances; dans les usines à gaz d'éclairage, cette mesure est classique, et l'appareil qu'on y emploie usuellement est le Junkers. Cet appareil est très exact, mais ce n'est pas un outil industriel, c'est un véritable instrument de laboratoire, de plus, très coûteux; aussi s'explique-t-on aisément que les calorimètres enregistreurs ne se soient pas répandus dans l'industrie proprement dite.

Il est pourtant de nombreuses occasions où l'enregistrement du pouvoir calorifique rendrait de véritables services; c'est le cas des centrales avec gros moteurs à gaz de hauts fourneaux qu'on trouve aujourd'hui dans les grandes forges; c'est le cas également du problème si délicat du réglage de la marche des gros gazogènes, celui du réglage de consommation et de température des fours chauffés au gaz, etc.

Nous croyons utile dans ces circonstances de signaler un calorimètre enregistreur, véritablement robuste et pratique, qui, sans viser à la haute précision, fournit cependant des indications exactes à 1/100 près, ce qui est amplement suffisant pour les besoins industriels. Comme tous les calorimètres à gaz, l'appareil de Fahrenheit est basé sur le principe connu: la puissance calorifique d'un gaz brûlé est proportionnelle à la température de la flamme. Il consiste essentiellement en un pyromètre dont on enregistre la dilatation; l'emploi de l'eau, qui est une grosse sujétion dans les appareils similaires, est ainsi supprimé. Nous donnons ci-contre (fig. 1) la disposition détaillée de l'appareil.

Fig. 1. — Le gaz à expérimenter entre par A dans un gazomètre régulateur de pression B pour se diriger, sous pression constante, vers le brûleur. Avant d'arriver au brûleur, il traverse le jeu de tubes capillaires C, dont une branche est terminée par une buse avec modérateur, ayant pour but de régulariser le changement de volume produit par les variations du poids spécifique du gaz, de manière que le volume du gaz amené par seconde au brûleur D soit constant; l'excédent de gaz est conduit au brûleur secondaire P. Le brûleur D est placé à l'intérieur d'un cylindre à double enveloppe qui sert de réchauffeur d'air. Les régulateurs d'air primaire F et secondaire E ont pour but d'assurer l'entrée d'air nécessaire pour obtenir une combustion complète. Le pyromètre en métal placé dans le coffre K transmet ses variations de longueur par l'intermédiaire d'un barreau de porcelaine aux leviers de commande du style de l'enregistreur. Enfin, le récipient K, constitué par une double enveloppe, supprime l'influence de la température extérieure.

J. IZART.

NOTES D'ÉLECTRICITÉ

Moteurs polyphasés et réseaux monophasés. — Redresseur de courants pour réseaux à courant alternatif. — Faut-il employer le courant continu ou le courant alternatif pour la commande des grues? — Sur la fabrication des poteaux en ciment armé.

Moteurs polyphasés et réseaux monophasés. — Il existe de nombreux procédés permettant de transformer un courant monophasé en courant polyphasé, lorsque l'on a besoin de moteurs donnant de grands moments de démarrage; cependant, aucun de ces procédés ne répond à la question d'une façon satisfaisante. On connaît, par exemple, la méthode du moteur asynchrone servant à obtenir la transformation. Deux des bornes du moteur asynchrone sont connectées au réseau, et les trois bornes sont connectées au moteur qui doit fournir du travail (fig. 1). Au synchronisme, il y a production d'une tension polyphasée qui sert au démarrage et à la marche de ce dernier moteur.

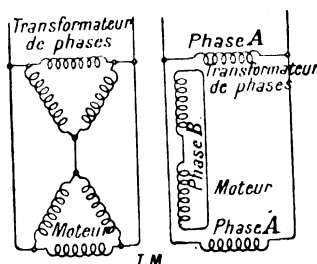


FIG. 1.

FIG. 2.

FIG. 1. — Moteur d'induction servant de transformateur de phases (cas triphasé).

FIG. 2. — Moteur d'induction servant de transformateur de phases (cas diphasé).

applications. Pour simplifier, nous supposons désormais que les deux machines sont diphasées. La figure 2 montre que la phase A est directement connectée sur le réseau, tandis que la phase B reçoit le courant au travers des enroulements du transformateur de phases. On comprend qu'un tel système ne donne que 45 % à 50 % de l'effort de démarrage du moteur polyphasé ordinaire correspondant.

Il est cependant possible, comme le montre M. Alexanderson⁽¹⁾ d'obtenir les mêmes résultats qu'avec le courant polyphasé, en introduisant quelques changements dans la disposition précédente.

La raison du mauvais fonctionnement du transformateur de la figure 2 est la chute de tension dans la phase B et surtout le déphasage qui se produit entre la tension de la phase B et la tension de la phase A. On obtient déjà un meilleur résultat en connectant en série le moteur et le transformateur de phases comme l'indique la figure 3. Le transformateur de phases peut alors être considéré comme un transformateur d'intensité entre la phase A et la phase B; le courant passe d'un système d'enroulement à l'autre et se trouve en même temps déphasé de 90°. On peut atteindre, avec une telle disposition, les 3/4 du moment de démarrage du moteur polyphasé correspondant directement branché sur une ligne polyphasée.

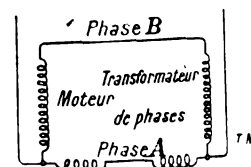


FIG. 3. — Connexion en série des phases du moteur avec les phases correspondantes du transformateur.

On peut arriver à un résultat tout à fait satisfaisant en perfectionnant la disposition précédente de la façon suivante: on produit dans la phase B une tension différente de celle du courant du réseau (fig. 4), on obtient ainsi artificiellement un déphasage entre la sortie du transformateur et l'arrivée au moteur. De cette façon, le transformateur peut donner un courant dont l'intensité est en avance sur la force électromotrice, tandis que le moteur reçoit encore un courant

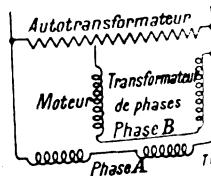


FIG. 4. — Connexion en série avec tension auxiliaire.

(1) *Proceed., A. I. E. E.*, VI. 11; *Elektrotechnische Zeitschrift*, 20. VII. 11.

dont l'intensité est en retard. Il est à remarquer que le courant qui passe dans les deux machines est le même, mais avec un retard dans l'une et une avance dans l'autre. Il s'ensuit que la tension et le courant de la phase secondaire peuvent être réglés par un choix judicieux de la tension auxiliaire. Des expériences et l'étude des diagrammes ont montré que, lorsque la tension auxiliaire était les 70 % de celle du réseau, le courant dans les deux phases était le même; ces deux phases étaient presque à 90°, dans le cas considéré, leur cosinus était 0,95 et le moment de démarrage de 5 % plus petit qu'avec le véritable courant diphasé, ce qui, au point de vue pratique, était presque négligeable. Les essais ont été faits sur des machines de 25 chevaux, 6 pôles, 60 périodes pour courant diphasé de 250 volts. Le transformateur de phases avait un induit en cage d'écureuil, le moteur avait un bobinage à phases et des bagues collectrices; au point de vue du facteur de puissance du système, le résultat obtenu a été de 72,5 % au lieu de 73 % calculés.

Le système ne serait pas utilisable, s'il exigeait réellement un transformateur de phases dont le prix et le poids soient les mêmes que ceux du moteur. Mais il faut remarquer que l'énergie de l'une des deux phases est directement amenée par la ligne; d'autre part, le transformateur de phases n'a pas de charge mécanique et sa vitesse périphérique peut être double de celle du moteur; de plus, il peut servir à l'alimentation de plusieurs moteurs. De fait, le poids du transformateur peut être compris entre le tiers ou le quart de celui du moteur.

Si l'on compare l'équipement électrique d'un moteur polyphasé dans le cas d'un réseau polyphasé et dans le cas d'un réseau monophasé, on constate que, dans le premier cas, il faut employer un transformateur triphasé tandis que, dans le second cas, il faut employer un transformateur monophasé dont le poids n'est que les 2/3 du précédent. On peut estimer que le poids de l'équipement total en réseau monophasé n'excède celui de l'équipement en réseau polyphasé que de 15 %. Cette augmentation de poids, entraînant une augmentation de dépense du même ordre de grandeur, permet à un moteur polyphasé de fonctionner avec la même puissance et le même moment de démarrage sur un réseau monophasé que sur un réseau polyphasé.

Le réseau monophasé n'entraîne donc pas forcément le moteur à collecteur; il peut jouir des propriétés remarquables du moteur asynchrone.

Redresseur de courant pour réseaux à courant alternatif. — Ce redresseur, construit par la Murphy Electricity Rectifier Co de Rochester, est destiné à des courants de 10 ampères, 500 volts, dont le nombre de périodes peut varier de 15 à 150. Ce redresseur se compose essentiellement d'un arc à électrodes de graphite qui présente une résistance très élevée pour l'une des directions du courant et une résistance négligeable pour l'autre. La figure 1 indique les connexions; un circuit à haute tension, destiné à exciter la décharge, est relié aux deux électrodes de graphite qui elles-mêmes sont connectées en série sur le réseau alternatif avec le circuit où est produit le courant continu. Le circuit auxiliaire se compose d'un petit transformateur à haute tension, d'un condensateur et d'un éclateur de construction particulière. L'une des électrodes de cet éclateur est un

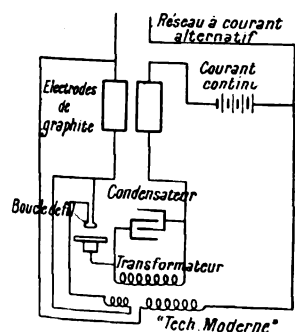


Fig. 1. — Redresseur de courant.

transformateur à haute tension, d'un condensateur et d'un éclateur de construction particulière. L'une des électrodes de cet éclateur est un

plateau de nickel, la seconde électrode est une boucle de fil de platine iridié, portée au rouge au moyen d'un courant provenant d'un enroulement spécial du transformateur. La boucle de fil incandescente cherche à repousser les ions négatifs et la résistance se trouve augmentée dans un sens. Un courant intermittent ne passe que pendant une demi-période dans l'arc principal. Le redresseur se met de lui-même en marche. Les électrodes de graphite ont une durée de vie de 8 000 à 10 000 kw-h. La durée de la boucle métallique est de 2 000 kw-h. Le rendement pour 10 A et 250 V est de 87 %; il est de 75 % pour 120 V. L'encombrement de toute l'installation est de $25 \times 25 \times 32$ cm, le poids de 22 kg.

Faut-il employer le courant continu ou le courant alternatif pour la commande des grues? — Dans les chantiers maritimes des Etats-Unis, on a employé exclusivement le courant continu jusqu'en 1905; on s'est servi plus tard du courant triphasé.

Pour déterminer l'exploitation la plus avantageuse, le Navy Department a adressé, à douze firmes de constructions électriques, un questionnaire concernant la sécurité d'exploitation, les frais d'installation, les frais d'exploitation, le rendement et le réglage de la vitesse.

Au point de vue des frais d'installation et du réglage, dix firmes donnent la préférence au moteur à courant continu; au point de vue de la sécurité et des frais d'exploitation, l'avantage semble être du côté du moteur à courant alternatif, car une seule firme s'est montrée nettement favorable au moteur à courant continu.

On peut conclure de la façon suivante :

Dans une installation où les générateurs sont à courant continu, il faut sans aucun doute employer des moteurs à courant continu pour les grues d'ateliers.

Dans une installation où les générateurs sont à courant alternatif et où il faudrait avoir recours à un groupe moteur générateur ou à un transformateur quelconque pour avoir du courant continu, il est avantageux d'employer le courant alternatif lui-même lorsqu'il n'y a qu'une grue; mais s'il y en a quatre, par exemple, il y a avantage à employer le courant continu même avec la transformation.

Sur la fabrication des poteaux en ciment armé. — M. Færster a décrit, dans l'Elektrotechnische Zeitschrift, une façon de couler en ciment des poteaux creux, en employant seulement un moule-enveloppe externe sans aucun moule-noyau interne. Le moule est complètement rempli de ciment très dilué d'eau; par suite de la centrifugation due à une rotation de 500 à 1 000 tours par minute, l'eau de densité moindre se trouve rassemblée au centre et remplace le moule-noyau.

La rotation est obtenue au moyen d'une file alignée de machines accouplées, que le moule externe traverse de part en part, et sur lesquelles il est fixé comme les arbres à tourner le sont sur les poupées tournantes des tours.

Le moule est en bois, garni intérieurement de tôles; il est en deux pièces séparables suivant un plan diamétral.

L'armature métallique est centrée au moyen de masselottes en béton, que l'on y a fait adhérer de distance en distance. Cette armature est formée d'un certain nombre de tiges droites longitudinales, jouant un rôle analogue à la chaîne d'une étoffe: ces tiges sont réunies par une spirale continue métallique formant trame.

On démoule après deux ou trois jours, le noyau liquide s'écoule et l'on place le poteau sur du sable humide où la prise du ciment s'achève au bout de deux à trois semaines.

Les épreuves de résistance effectuées officiellement auraient donné une solidité supérieure à celle calculée.

Il est évident que les frais généraux de ce procédé ne le rendent applicable qu'à dans le cas d'une production considérable.

L. V. B.

NOTES DE MÉTALLURGIE

Laminier à plaques de blindages commandé électriquement. — Les alliages de vanadium.

Laminier à plaques de blindages commandé électriquement. — Il s'agit d'un nouveau et grand laminier des aciéries de Terni, exposé à

Turin. Il a été construit par les usines du Creusot. Terni dispose d'une chute d'eau de 180 m et a eu l'idée de commander ce train électrique (Engineering, 16 juin 1911).

C'est un duo réversible avec cylindres de 1^m,250 de diamètre et de 4^m,50 de longueur qui peut élaborer des lingots de 1^m,100 de diamètre

pesant jusqu'à 100 tonnes. Il peut travailler sur ses tôles ayant une section trapézoïdale en plaçant dans les cages des coussinets sphériques.

Les entablements sont en fonte et montés sur des poutres en chêne. Les pignons de commande sont en acier et à double denture hélicoïdale; ils se meuvent dans une cage pleine de graisse noire. Les allonges d'accouplement sont en acier moulé et sont équilibrées par des plongeurs hydrauliques. La section des cages est de 4 860 cm².

Les vis de serrage sont commandées par des moteurs électriques ou à la main quand il faut un réglage précis. Un cadran indique le serrage. Le cylindre inférieur est disposé de façon qu'on puisse rapidement l'enlever en employant des plongeurs hydrauliques.

Les rouleaux entraineurs sont très robustes pour pouvoir conduire des lingots de 100 tonnes.

Tout leur dispositif de commande est au-dessous du sol et est actionné par un moteur électrique. Un dispositif de rattrapage d'usure des cylindres est prévu et permet de compenser une variation de diamètre de ceux-ci entre 1^m,250 et 1^m,100.

Deux manipulateurs sont prévus et placés de part et d'autre de la cage, l'un pour les lingots atteignant 100 tonnes, l'autre pour ceux de 25 tonnes; on économise ainsi l'eau sous pression et on opère respectivement avec plus de rapidité. Trois chaînes à ripeurs permettent de centrer rapidement la tôle devant les cylindres.

La machine de commande du retournement de la tôle est actionnée par une chaîne sans fin, suspendue à un système de poulies au-dessus de l'axe vertical du train, et est commandée par pression hydraulique; elle est supportée par une charpente.

Les engrenages qui attaquent les cylindres sont montés entre ces derniers et les moteurs électriques; la réduction de vitesse est de 1 à 3. Un accouplement semi-élastique est installé. La machinerie hydro-électrique a été construite en partie par MM. Schneider et Cie, à leurs usines de Champagne, et en partie chez Felten et Guillaume, à Francfort. Elle comprend deux moteurs électriques réversibles, clavetés sur le même arbre et développant ensemble environ 5 300 chevaux à 90 tours et à un voltage variant de 0 volt à 1 200 volts; mais, momentanément, la puissance développée peut atteindre 15 000 chevaux. L'accouplement est du type Léonard. Les moteurs sont à enroulement en dérivation. Le nombre de leurs révolutions est proportionnel au voltage à leurs bornes, qui peut être réglé entre 0 volt et 600 volts. Les deux moteurs ont des pôles de compensation qui permettent d'éviter les étincelles à toutes les charges et à toutes les vitesses.

Les alliages de vanadium. — Le vanadium continue à préoccuper les métallurgistes et les études qui ont été publiées depuis quelques années à son sujet abondent. L'une des plus récentes est celle de M. G. J. Norris, de la Vanadium Sales Company (Pittsburg); émanant d'un spécialiste, elle mérite de retenir l'attention. On trouve le vanadium sous forme de vanadinite ou chloro-vanadate de plomb, mais la mine qui fournit la majeure partie du vanadium consommé actuellement a été découverte, en 1905, dans les Andes du Pérou, près de Cerro Pasco, par don Antenor Patron. Le minerai qu'elle contient est dénommé patronite; c'est un sulfure de vanadium contenant 20 % de ce dernier métal et pur de tous les métaux qui généralement l'accompagnent et qui sont : le plomb, le zinc et le cuivre.

Ce fut *Sefström*, un chimiste suédois qui découvrit, en 1830, ses excellents effets sur le fer, et, en 1863, *Lewis Thompson* confirma ses constatations. *Riley* le découvrit dans certaines fontes des minerais oolithiques de Wiltshire. Sir *Henry Roscoe* en détermina les propriétés de 1867 à 1870 et recommanda l'emploi de ses sels pour la fabrication du noir d'aniline. Ce fut la seule application sérieuse jusqu'en 1900. On l'employa également un peu pour la fabrication des encres indélébiles et dans l'industrie céramique. On le tirait alors des mines de plomb espagnoles et des laitiers basiques du Creusot.

Moissan put l'extraire au moyen de son four électrique, mais ne le produisit pas pur à cause de sa grande affinité pour le carbone. *Moissan* fabriqua un ferro-vanadium à 20 % de vanadium et 8 % de carbone; il fabriqua aussi des cupro-vanadiums à 3,38 % de vanadium et des aluminos-vanadiums à 2,5 % de vanadium. Il constata qu'il se produisit plusieurs carbures. *Cowper-Coles* essaya d'électrolyser le vanadium mais eut peu de succès.

Ce fut en 1890 qu'on constata les bons effets du vanadium sur l'acier. En 1896, M. *Hérouin* fit un mémoire sur les alliages de vanadium avec l'acier, le cuivre et l'aluminium et le présenta devant la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale. Firminy l'ajouta à l'acier dans une plaque de blindage qui donna de bons résultats. Ce fut après

les recherches d'*Arnold*, en 1900, qu'on commença à accorder au vanadium l'attention qu'il méritait. *Arnold* montra que les aciers doux et les aciers durs étaient très améliorés par de faibles quantités de vanadium et déclara que les meilleurs aciers à outils étaient ceux qui en contenaient.

MM. *Sankey* et *Smith* donnèrent la dernière impulsion par leur mémoire de 1904, présenté devant les Mechanical Engineers et se rapportant aux aciers, au chrome et au vanadium. La découverte du gisement péruvien en 1905 donna l'essor industriel voulu à ce métal.

En 1905, on fabriqua environ 800 t d'acier au vanadium, tandis qu'en 1910 la consommation fut de 50 000 t.

Les alliages du vanadium sont le ferro-vanadium contenant deux parties de fer et une de vanadium; en outre, cet alliage contient 2 % au moins de silicium et d'aluminium. Il fond de 1340° C à 1400° C.

Quand on le prépare au four électrique, il contient de 1,5 % à 6 %, ou plus, de carbone. Ce carbone est combiné avec le vanadium en proportion de 4,25 % de vanadium par chaque pour cent de carbone. Or, ce carbone ne s'allie pas avec le fer et, si on ajoute le ferro-vanadium qui le contient, dans l'acier, on risque de faire passer le carbure de vanadium dans les scories ou de l'inclure dans le métal en provoquant des défauts. C'est pourquoi on fabrique le ferro-vanadium par le procédé aluminos-thermique qui produit des alliages sans carbone.

Le vanadium est un des éléments qui agissent avec le plus d'énergie sur le fer et, d'après *Arnold*, il change la distribution du carbone et retarde la ségrégation.

L'acier qui en contient résiste le mieux aux sollicitations répétées et M. Norris le qualifie « d'antifatigue ».

2 à 3 centièmes % de vanadium augmentent les propriétés mécaniques (limite élastique, charge de rupture, dureté) de l'acier. M. Norris donne des résultats d'essais excellents exécutés sur des plaques en acier au vanadium dont les caractéristiques étaient les suivantes :

Charge maximum par pouce carré (1) . . .	130 000 livres.
Limite élastique	118 000 —
Allongement sur deux pouces	119 %
Réduction de section	50 %

M. Norris voit un grand débouché de ce métal quand il sera à meilleur marché dans la fabrication des plaques de blindage; il a, en effet, la dureté et la ténacité qu'il faut. Une plaque en acier au nickel de 2 pouces d'épaisseur sur laquelle on tirait des obus de 3 pouces fut traversée de part en part, tandis que celle en acier au vanadium ne fut pénétrée que sur une épaisseur de 1/10 à 3/4 de pouce avec une vitesse plus grande d'impact. On a pu ainsi augmenter les exigences du tir. L'acier au vanadium conserve d'ailleurs mieux sa résistance et sa dureté aux températures élevées que les autres aciers et paraît s'imposer pour les tubes à canons ou les fusils.

Nous avons dit plus haut que les aciers à coupe rapide contiennent, en outre du chrome et du tungstène, 0,5 à 1 % de vanadium. On emploie beaucoup les alliages chrome-vanadium, nickel-vanadium et chrome-nickel-vanadium pour les pièces de machines, surtout en automobilisme. On l'emploie aussi pour les chemins de fer.

Evidemment, il y a lieu de ne l'utiliser qu'après avoir fait subir aux aciers le traitement thermique convenable pour leur donner les propriétés mécaniques les plus favorables, et pour cela il faut se servir d'appareils et de méthodes scientifiques. Les qualités d'aciers employés ont les compositions suivantes :

	A	B	C
Carbone	0,25 %	0,45 %	0,15 %
Manganèse	0,45	0,80	0,30
Chrome	0,80	1,00	0,30
Vanadium	0,18	0,18	0,12

On emploie aussi les aciers chrome-nickel-vanadium de compositions suivantes :

Carbone	0,25 à 0,45 %
Manganèse	0,50 à 0,70
Nickel	1,00 à 1,50
Chrome	0,60 à 0,80
Vanadium	environ 0,18

L'acier A est employé trempé à l'huile et sert pour les engrenages cémentés.

(1) Le pouce carré anglais vaut 6 cm² 45.

M. Norris montre ensuite de beaux résultats de déformations de pièces en acier au vanadium. Il explique que cet acier est tout indiqué pour la construction des tubes pour gaz liquéfiés ou comprimés; les tubes en acier chrome-vanadium ont une résistance à la rupture de 15 % à 20 % supérieure à celle des tubes en acier ordinaire. On les emploie sans soudure après les avoir trempés et fait revenir, et ils ne volent jamais en éclats.

L'acier au chrome-vanadium, type D, sert à la fabrication des ressorts et des engrenages; en nuances douces, il est employé pour les essieux d'automobiles, les vilebrequins, etc. Les ressorts faits avec cet acier restituent mieux les déformations que ceux en acier ordinaire. On peut faire des bandages de locomotives en acier D et aussi des centres de roues.

Pour les disques de scies à chaud, l'acier type D dure 10 fois plus que l'acier ordinaire.

L'acier type E sert à la cémentation; c'est un excellent acier pour boulons et rivets.

On ajoute aujourd'hui du vanadium aux moulages d'acier, notamment pour les longerons de locomotives. La limite élastique du métal est de 30 % à 40 % plus grande que celle de l'acier ordinaire

et la résistance au choc de 50 à 75 %; on s'en sert pour les pignons de lami-noirs.

Le cupro-vanadium usuel contient 3 % de vanadium (l'entectique est à 7 %), mais il tient toujours du fer et de l'aluminium et on l'emploie peu.

Le vanadium a une résistance électrique très élevée et quelques centièmes % réduisent considérablement la conductibilité du cuivre.

M. Héloüin indiqua qu'un bronze tenant 94,5 % de cuivre, 5,5 % d'aluminium et 0,5 % de vanadium avait une résistance double de celle d'un bronze sans vanadium; son effet est également favorable dans le laiton commun de Muntz (60 % de cuivre 40 % de zinc).

Ajouté à raison de 0,03 % dans le bronze au manganèse tenant 58,8 de cuivre, 38,08 de zinc et 0,69 de Mn, le vanadium augmente la résistance et la limite élastique de 80 %; le bronze est employé dans les torpilleurs et sous-marins pour les tubes à torpilles.

M. Norris croit qu'on pourrait avantageusement l'employer dans les métaux pour coussinets.

On sait peu de chose des alliages aluminium-vanadium, sauf que le vanadium augmente la résistance de l'aluminium.

P. BREUIL.

NOTES DE CHIMIE

Influence des impuretés de l'oxygène sur les effets du chalumeau. — Sur la prise des ciments. — Températures de fusion des substances dites réfractaires. — Les azotures d'aluminium. — Les résinates métalliques. — L'acide citrique et ses applications. — Effets de tissage obtenus par impression. — Dissolution de l'acide carbonique dans la bière. — Beurres anormaux.

Influence des impuretés de l'oxygène sur les effets du chalumeau. — Les impuretés de l'oxygène jouent un rôle marquant lorsqu'on s'en sert pour actionner le chalumeau et couper fer et acier. M. E. Tucker rappelle (S. of chemical Industry, 15 juillet 1911) que, dans une discussion antérieure, il avait prévu l'importance que l'oxygène industriel prendrait. Or, la production actuelle de l'oxygène est de 1 million de mètres cubes en Grande-Bretagne, 1 million et demi en France, 2 millions en Allemagne; ses grandes applications sont le coupage et la soudure des métaux. Ces applications inspirent deux journaux spéciaux, un français et un allemand. C'est Thomas Fletcher, de Warrington, qui en 1888 fit la première application de coupage.

Il y a économie à employer l'oxygène le plus pur, c'est-à-dire sans azote ni hydrogène, car ceux-ci diluent l'oxygène.

Si la pureté de l'oxygène passe de 99,4 % à 58,4 %, un même fil de fer demande soixante secondes au lieu de quatre pour être coupé. A 48 % d'oxygène, il ne brûle plus.

Si l'impureté croît de 2,5 % à 33 %, le temps de découpage devient de 110 % à 347 fois % plus long.

Si la proportion d'oxygène diminue de 99,4 % à 96,90 %, le temps croît de 110 %.

Le même effet se produit s'il existe de l'acide carbonique dans le gaz carburé. La présence de 10 % d'acide carbonique réduit de 19 % le pouvoir calorifique et de 50 % le pouvoir éclairant.

D'ailleurs, avec l'oxygène pur, les coupes sont bien plus nettes. Il faut de l'oxygène à au moins 99,5 % d'oxygène; à 98 %, le résultat est moyen; à 97,6, il devient mauvais.

Sur la prise des ciments. — Le dictionnaire de chimie appliquée de Thorpe donne pour un ciment la composition : CaO, 42,2; MgO, 17,8; Fe₂O₃ et Al₂O₃, 8,8; oxydes de Mn, 2,3; alcalis, 4,7; SiO₂, 22,2, et il attribue le rôle d'agent d'hydraulicité à la magnésie, lorsque la pierre est cuite à 400°, et aux silicates de chaux et de magnésie, si l'on cuit à température plus élevée.

M. W. A. B. Walling, du Battersea polytechnic research laboratory, a voulu vérifier cette influence de la magnésie, et pour cela, il a commencé par préparer, en faisant fondre du sable et de la magnésie, entre 1 100° et 1 500°, toute une série de silicates de magnésium : SiO₂ 1/2 MgO, SiO₂ 2/3 MgO, SiO₂ 3/4 MgO, SiO₂ MgO, SiO₂ 2MgO, SiO₂ 3MgO.

Avec aucun membre de cette série, il n'a obtenu la prise du ciment.

De même, en grillant la magnésite à 400°, jusqu'à ce qu'il ne restât plus de carbonate, il n'a obtenu aucune prise à l'hydratation.

Au contraire, il a trouvé que l'addition de faibles quantités de chaux avant le grillage augmentait le rendement du ciment.

Donc, la prise augmente avec la chaux et diminue avec la magnésie, et la prise du ciment cité par Thorpe est due au silicate de chaux; les silicates du magnésium, d'après l'auteur, ne peuvent que diminuer la valeur du ciment.

Températures de fusion de substances dites réfractaires. — La fusion des matières dites réfractaires est, depuis quelque temps, l'objet de recherches spéciales, de la part de MM. O. Ruff et O. Goetze. (Zeitschrift für angewandte Chemie, 1911, p. 1459.)

Leurs déterminations ont été faites, au four électrique, au moyen de la méthode optique et du pyromètre de Wanner.

L'énergie nécessaire pour obtenir les températures élevées est donnée dans le tableau suivant :

TEMPÉRATURES	AMPÈRES	VOLTS	KILOWATTS
1 750°	environ 225	environ 17	3,8
2 000°	270	19	5,1
2 250°	340	22	7,5
2 500°	440	26	11,4

Parmi les points de fusion déterminés, nous relevons les suivants :

Or, 1 071°; manganèse, 1 247°; chrome, 1 514°; platine, 1 750°; molybdène, 2 410°; iridium, 2 225°; wolfram, 2 575°; carbure d'uranium, 2 425°; carbure de vanadium, 2 750°; oxyde ferreux FeO, 1 419°; oxyde magnétique Fe₂O₃, 1 538°; sesquioxyde de fer Fe₂O₃, 1 548°; chaux anhydre CaO, 1 995°; alumine anhydre Al₂O₃, 2 020°; oxyde de chrome anhydre Cr₂O₃, 2 059°; oxyde d'uranium UO₂, 2 176°; oxyde de zirconium, ZrO₂, 2 500°.

Les azotures d'aluminium. — L'histoire de ces composés est assez récente. C'est Mallet qui, en 1876, obtint de l'azoture d'aluminium en chauffant à l'air, au rouge vif, un mélange d'aluminium en morceaux et de carbonate de sodium sec. Le produit obtenu, de formule AzAl, donne un dégagement d'ammoniaque sous l'action des alcalis. Depuis 1905, ils ont donné lieu à des travaux multiples.

Moissan a préparé le carbure d'aluminium, en 1894, par action directe du charbon et de l'aluminium; si on agit sur l'alumine, il faut opérer à 3 500°. Serpek préconise l'adjonction du carbure de fer, et la Badische Anilin und Soda Fabrik celle de la bauxite, dans un courant d'azote, avec du coke, en présence de silice ou d'acide titanique.

M. E. Kohn-Abrest (Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie, numéro de juin 1911, p. 1018), prépare l'azoture en faisant agir directement l'azote sur la poudre d'aluminium; il obtenait, en dix minutes, vers 1 100°, une fixation en azote de 25 % du poids.

La poudre repère son azote rapidement par l'oxygène de l'air; un chauffage d'une heure à 1 100° suffit pour que tout l'azote absorbé soit repris.

L'azoture d'aluminium brut renferme 33 % d'azote; le prix de vente peut en être de 0 fr 74. Le nitrate du Chili ne renferme que 15,5 % d'azote; son prix de vente est de 1 fr 49.

Les résinates métalliques. — Les résinates sont des composés organiques assez complexes formés de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, qui dérivent par oxydation des huiles essentielles et qui se trouvent, à l'état naturel, dans le suc d'un certain nombre de végétaux, à l'état de dissolution, dans une huile essentielle. Ces composés possèdent la fonction acide; ce sont des acides faibles qui donnent avec les bases, soude, chaux, oxydes de manganèse, de zinc, de plomb, des résinates ou savons de résine dont l'emploi se répand de plus en plus.

Ces résinates se préparent par deux méthodes; ou bien, on dissout directement l'oxyde dans la résine fondue, ou bien, si l'on veut des produits plus purs, on précipite un sel métallique par un résinate pur. Le prix des résinates précipités est double de celui des résinates fondus.

Le Moniteur scientifique (numéro d'août 1911, p. 526), donne des détails sur cette fabrication, d'après une étude de M. J. Pardeller (in Seifensieder Zeitung).

L'acide citrique et ses applications. — L'acide citrique mérite une mention spéciale dans nos notes actuelles, à la suite des chaleurs exagérées que nous venons de subir, parce que c'est l'acide des limonades gazeuses et aussi l'acide spécifié contre les épidémies cholériques.

C'est un acide complexe, trois fois acide et une fois alcool. On le retire du jus de citrons, mais il existe dans presque tous les fruits. On prévoit qu'on pourra le préparer, soit synthétiquement, soit par voie de fermentation des matières sucrées; mais le procédé du jus des citrons est encore de beaucoup le plus économique.

L'acide citrique est doué d'une saveur fraîche acidulée que l'on utilise pour la préparation de limonades rafraichissantes, à la dose de 1 gr par litre. La préparation de ces boissons se rattache à la technique générale des boissons gazeuses; elle n'a rien de particulier.

L'acide citrique tue, à une dose même faible, le bacille cholérique et le bacille typhoïdique. Aussi son emploi est-il recommandable en temps d'épidémie, et il est bon d'en ajouter 0 gr 66 par litre d'eau suspecte, puisque l'eau est le principal véhicule des épidémies.

Effets de tissage obtenus par impression. — Le procédé par frôlement a eu un grand succès pour obtenir des effets de tissage par impression; il consiste à tendre la laine, de façon à ce que les effets de la trame ressortent en minuscules rayures et qu'ils reçoivent seuls la couleur. Mais ces effets ne ressortent pas assez sur des calicots ou des mousselines de soie. M. Edouard Siefert (Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, avril 1911), est parvenu à ne toucher que les parties élevées des croisements des fils en laissant le fond intact, par plaquage au rouleau, avec un foulard sans leviers, dont le rouleau inférieur est un rouleau plaqueur, le rouleau supérieur un rouleau en caoutchouc, et avec une gravure ayant plusieurs hachures au 0^{mm},2, soit 8 à 10 hachures au millimètre.

Son procédé est revendiqué dans le brevet autrichien du 1^{er} septembre 1908, n° 46 857; le brevet allemand du 2 septembre 1908, n° 97 373; le brevet anglais du 12 septembre 1908, n° 19 216, publié à Mulhouse le 18 mars 1909. Le procédé a été cédé à J. Heilmann et C^{ie}, de Mulhouse, et à Hubner, de Moscou.

Le brevet français 419 903 de E. Zundel, de Moscou, du 20 mai 1910, n'en diffère qu'en ce que les deux bords du rouleau presseur sont

relevés. M. Siefert n'a jamais eu d'inconvénient, dit-il, en travaillant avec un rouleau uni.

Dissolution de l'acide carbonique dans la bière. — La plus grande quantité de l'acide carbonique liquide est utilisée pour le soutirage et le débit de la bière sous pression, dans les brasseries, cafés, etc.

De l'acide carbonique tend à s'introduire dans la bière par dissolution et à lui conserver non seulement sa limpidité et son arôme, mais encore à la maintenir fraîche et pétillante jusqu'à l'épuisement du tonneau. Dans les brasseries, l'emploi de l'acide carbonique présente les mêmes avantages pour la filtration et le soutirage des bières sous pression, et pour leur mise en bouteilles à l'abri du contact de l'air. Mais en quelle proportion l'acide carbonique gazeux se dissout-il dans la bière?

La bière dissout un volume d'acide carbonique plus grand que ne le ferait, à la même température, une solution analogue d'eau et d'alcool, ainsi que l'ont démontré Langer et Schultze (Zeitschrift für das gesammte Brauwesen, 1879, t. II, p. 369); ils attribuent ce fait à ce que les colloïdes présents dans la bière absorbent de l'acide carbonique, de même Emslander et Freundlich (Zeitschrift für das physikalische Chemie, 1904, t. XLIX, p. 317). MM. Findlay et Creighton, au contraire (Transactions of the chemical Society, 1910, vol. XCVII, p. 536), ont opposé d'autres expériences; MM. Findlay et B. Shen (Proceedings of the chemical Society, vol. XXVII, p. 189) viennent de démontrer que l'acide carbonique est moins soluble dans la bière que dans un mélange d'alcool et d'eau correspondant; la conclusion contraire de Langer et Schultze est attribuée par eux à ce que ces auteurs avaient sursaturé leur bière de gaz.

Les beurres anormaux. — M. Violette, l'ancien doyen de la Faculté des sciences de Lille, divisait les beurres, d'après leur densité à 100°, en beurres du Nord, beurres des autres départements herbagers, beurres d'été, beurres d'hiver, ces derniers présentant un déficit en acides volatils. Il y a lieu d'ajouter à son énumération les beurres anormaux.

M. H. Lescœur (Bulletin de la Société industrielle du nord de la France, juin 1911), attribue la production des beurres anormaux à un régime insuffisant et trop sec. Une vache soumise à un régime insuffisant donne un beurre qui évolue vers la margarine, et peut avoir la composition d'un mélange margariné jusqu'à 45 %.

Les vaches officielles de la Station agronomique du Pas-de-Calais ne se mirent-elles pas, il y a quelque temps, à donner du beurre en rupture avec les définitions du service des fraudes?

M. Lescœur rapporte qu'il y a deux mois deux experts-chimistes étaient contradictoirement saisis, par le juge d'instruction d'Avesnes, de l'analyse de deux échantillons de beurre. « Après essai, ils concluaient d'accord à la falsification par de 20 % à 25 % de margarine. Cependant pour confirmer la prévention, et par une initiative qui lui fait honneur, le juge d'instruction opéra le contrôle à l'étable et faisait préparer, sous les yeux de l'inspecteur des beurres, un échantillon d'authenticité certaine qu'il adressait aux mêmes experts. Ceux-ci ne furent pas peu surpris de trouver à l'analyse les nombres mêmes qu'ils avaient trouvés dans les premiers échantillons. »

Donc, conclut M. Lescœur, dans notre pays, sans que rien avertisse le fermier, il peut se produire des beurres anormaux dépassant de bien loin toutes les limites admises par le service des fraudes.

Les experts doivent tirer, d'une analyse suspecte, une seule conclusion. C'est que la substance est vraisemblablement fraudée, mais elle peut cependant être naturelle.

J. GARÇON.

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

CHIMIE

Analyse des gaz sortant des cheminées d'usines. — Il y a en général quatre causes principales de gaspillage de combustible :

1° Excès d'air refroidissant les gaz de combustion;

2° Combustion incomplète signalée parfois par d'abondantes fumées noires, mais pas toujours;

3° Perte de combustible dans les cendres, causée généralement par le mauvais fonctionnement de la grille;

4° Pertes de chaleur par rayonnement.

Grâce à l'analyse des gaz sortant de la cheminée, le rendement d'une chaudière peut être facilement déterminé ainsi que les causes de pertes de chaleur.

Il suffit d'un chauffeur quelconque pour faire une analyse de ces gaz.

L'appareil le plus simple est constitué par une éprouvette graduée

que l'on remplit du gaz à analyser jusqu'à ce que l'eau affleure à la division zéro. Un liquide absorbant CO et CO² est alors introduit et donne le pour cent d'air contenu dans les fumées. Une chaudière qui laisse échapper des fumées contenant 14 à 15 % d'acide carbonique, 0 % de CO et 85 % d'air fonctionne bien.

Lorsque l'on a entre 10 et 14 % de CO², cela représente une perte de combustible de 5 %; entre 5 et 14 %, une perte de 23 %, et entre 2 et 5 %, une perte de 75 %.

On cite l'exemple d'un grand nombre de chaudières, qui pendant plusieurs années, ont marché en donnant des fumées contenant seulement 2 % de CO².

Le principe consistant à doser CO² chaque jour et à mettre à la vue du chauffeur le résultat de ces dosages, a donné d'excellents résultats permettant à ce dernier de contrôler à chaque instant la marche de sa chaudière. Il est bon de lui donner des primes lorsque les forts pourcentages de CO² sont régulièrement atteints.

Enfin, grâce à deux analyses des gaz à l'entrée et à la sortie de la chaudière, on peut à chaque instant déterminer les fuites d'air.

(Communication de Joseph W. Hays, Ohio Society of Mechanical Electrical and Steam Engineers, Youngstown, 18 mai 1911.)

Corps émettant de la lumière pendant un certain temps après avoir été broyés ou frottés. — Le produit artificiel préparé comme suit présente cette propriété d'une façon remarquable :

Carbonate de zinc chimiquement pur.	70 %
Fleur de soufre.	30 %
Sulfate de manganèse.	traces.

Le carbonate de zinc peut d'abord être mélangé avec la fleur de soufre, une petite partie de sulfate de manganèse est dissoute dans suffisamment d'eau distillée pour former avec la poudre une crème épaisse. Après trituration dans un mortier, le mélange est mis à sécher dans un récipient en verre épais, broyé à nouveau, placé dans un vase en porcelaine et soumis à une brillante lumière rouge pendant vingt minutes.

Lorsque l'on gratte le produit avec un couteau, il émet des étincelles, puis une lumière jaune qui dure parfois plus d'une minute. Cette lumière n'a aucun effet calorifique et semble être due à la formation de sulfure de zinc.

(Rapport lu par M. W. S. Andrews, The General Electric Company.)

ELECTRICITÉ

L'emploi des moteurs Diesel dans les installations électriques. —

Les résultats constatés dans les installations employant des moteurs Diesel montrent que ce type de moteur est très avantageux et supérieur généralement au moteur à vapeur et au moteur à gaz. Aussi peut-on en attendre la généralisation dans les sous-stations d'électricité. (Devis d'installations, dépenses d'exploitation, etc.)

(Communication de M. H. L. Howard, Incorporated Municipal Electrical Association, juin 1911.)

L'élément primaire Benko et ses applications. — Cet élément, dû à un ingénieur hongrois, M. Benko, est basé sur la dépoliarisation mécanique; il comporte une électrode de charbon suffisamment poreuse pour permettre la circulation de l'électrolyte, qui est mis en mouvement d'une façon continue.

L'électrode en question est formée d'un cylindre aplati, en charbon poreux, surmonté d'une tête de plomb et à l'intérieur duquel est placée une plaque de zinc; le manchon de charbon est pris, par sa partie inférieure, dans un bâti de plomb et une feuille de plomb forme récipient; deux tubes de plomb, s'ouvrant respectivement au centre du manchon et à la partie inférieure, permettent de faire arriver et découler l'électrolyte. On peut réunir deux, trois, quatre couples, pour former des éléments doubles, triples, quadruples. Le courant maximum est de 17,5, 35, 52,5 et 70 ampères pour les divers éléments, pesant 88, 16,5, 26,8 et 36,3 livres (1). L'électrolyte est une solution plus ou moins concentrée de bichromate de sodium et d'acide sulfurique.

L'auteur donne les formules d'électrolyte à employer pour les divers types d'éléments (éclairage, courants de grande intensité et télégraphie) et il fournit les caractéristiques de ces types.

Il compare ensuite l'élément Benko aux types usuels d'accumulateurs aux points de vue de la capacité par unité de surface de plaque de zinc, puis par unité de poids; la puissance que peut débiter l'élément d'éclairage est de 2,4 watts par livre de poids; l'élément de

grande puissance donne 4 watts; les accumulateurs légers d'automobile donnent communément 2 1/2 watts; les accumulateurs fixes, 1 watt.

Les principales sphères d'application paraissent être : le laboratoire, les petits travaux électrochimiques, l'éclairage d'embarcations, la télégraphie, l'éclairage domestique à la campagne, etc.

Dans une installation comportant 50 lampes à fil métallique de 10 bougies, à la tension de 25 volts, une batterie de 16 à 17 éléments suffirait; une telle batterie coûterait approximativement 500 fr; pour assurer la production de l'énergie avec un petit groupe à pétrole, il faudrait un équipement de 4 000 à 5 000 fr; le kilowatt-heure reviendrait à 2 fr 05; avec la batterie Benko, il coûterait 2 fr 50. La durée des zincs correspond à une production de 4 1/3 kWh par élément; la dépense d'électrolyte est d'environ 1/2 litre par heure et par élément.

(Communication de M. W. R. Cooper, à l'Institution of Electrical Engineers, mai 1911.)

Essais sur le fonctionnement des interrupteurs à huile (1). — Lorsqu'un circuit transportant une puissance considérable est coupé dans l'huile, il y a une production de gaz qui tendent à projeter le liquide hors du récipient et forment, en outre, avec l'air des mélanges explosifs.

Il est donc très important que les récipients soient suffisamment robustes pour pouvoir supporter les pressions intérieures et qu'ils soient conçus de manière à garder leur huile.

Afin de vérifier sur les grandes puissances les essais effectués avec des puissances modérées, l'auteur a obtenu de la Commoeveath Edison Company de faire des expériences avec l'un des générateurs de cette compagnie.

Il en donne le compte rendu; les circuits comportaient des bobines de self, dont l'effet a été bon, et les interrupteurs des différents modèles se sont généralement comportés très suffisamment, moyennant l'adjonction d'un dispositif spécial destiné à empêcher l'expulsion de l'huile du voisinage des points de rupture.

(Communication de M. E. B. Merriam, American Institute of Electrical Engineers, juin, 1911.)

Eclairage à incandescence réalisant une économie très notable sur les lampes à filament de charbon. — Pratiquement, une lampe à filament de tungstène (16 volts et 1 amp², c'est-à-dire 20 watts), enroulé en un solénoïde occupant un espace de 30 mm³, peut donner le même éclairage qu'une lampe à filament de charbon employant 400 watts. Telle est du moins l'affirmation de l'auteur.

D'autre part, pour les projections, en disposant, paraît-il, un système optique à foyer ultra-court devant la source lumineuse de 30 mm², on obtient, avec environ 20 watts, le même éclairage qu'avec un arc de 4 000 watts.

(Note de M. Dussaud, présentée par M. Branly à l'Ac. des Sciences, 26 juin 1911.)

Sur une grande machine électrostatique. — Les plateaux d'ébonite de cette machine ont 0m,72 de diamètre. Les conducteurs diamétraux sont isolés du bâti afin qu'on puisse mettre l'un des pôles de la machine au sol sans trop réduire la différence de potentiel disponible. Les paliers, les axes au nombre de 11, et tous les autres organes mécaniques sont suffisamment robustes pour qu'on puisse réaliser, en régime normal, des vitesses de rotation de 1 200 à 1 400 tours à la minute. Une vitesse de 800 à 1 000 tours suffit généralement pour obtenir le voltage maximum à faible débit, c'est-à-dire 320 000 volts. Le voltage normal est d'environ 250 000 volts.

(Note de MM. P. Villard et H. Abraham à l'Ac. des Sciences, 26 juin 1911.)

Application de la syntonie acoustique et électrique à l'hydrotélégraphie; méthode pour la réaliser. — On peut retirer de grands avantages de la syntonisation acoustique et électrique dans la transmission des signaux par l'eau ou « hydrotélégraphie ». Les signaux sont produits généralement par des cloches immergées et sont recueillis au moyen d'un microphone, également immergé et relié à un téléphone écouteur. Ce sont ces appareils : cloches, microphone et téléphone écouteur, dont on syntonise les sons fondamentaux. La méthode repose sur l'emploi d'un oscillographe combiné avec un microphone et sur la comparaison avec un électro-diapason. La syntonie, qui a pu être obtenue ainsi, permet non seulement d'augmenter considérablement la portée des signaux hydrotélégraphiques, mais encore de trier les signaux de plusieurs postes différents, en employant pour ceux-ci des fréquences différentes; il est seulement

(1) Livre = 453 gr. 4.

(1) Voir *La Technique moderne*, t. III, n° 5 (mai 1911), p. 317.

désirable que ces fréquences soient comprises entre les limites les plus favorables à l'audition, c'est-à-dire généralement entre 500 et 1.200 vibrations.

(Note de M. André Blondel à l'Ac. des Sciences, 6 juin 1911.)

Appareil de réception téléphonique de signaux sous-marins. — Cet appareil récepteur est basé sur un système téléphonique.

La cuirasse même du navire constitue la paroi, qui est directement influencée par les ondes sonores transmises par l'eau. Les vibrations de la cuirasse provoquent des changements de résistance électrique dans un microphone, monté de façon à pouvoir être influencé par elles. Le microphone est relié électriquement avec un récepteur téléphonique. L'observateur doit pouvoir déterminer la direction des ondes émises par la source sonore.

La Marine française a adopté ce système d'appareils. Les modèles construits actuellement comprennent un transmetteur microphonique très sensible, renfermé dans une boîte étanche solidement fixée contre la cuirasse du navire, au-dessous de la ligne de flottaison, et relié à une paire de téléphones qu'on fixe aux oreilles.

Chaque bateau comprend deux systèmes semblables, l'un fixé à bâbord, l'autre à tribord.

(Note de M. J. Gardner, présentée par M. d'Arsonval à l'Ac. des Sciences, 26 juin 1911.)

Dispositif d'enregistrement à distance d'une transmission téléphonique sur cylindres ou disques phonographiques. — Dans ce dispositif, où l'on fait usage du poste téléphonique haut-parleur Gaillard-Ducrétet, le microphone, situé à distance, est construit de manière à laisser passer un courant assez intense variant aux environs de 0 amp 5. Ces variations sont reproduites dans le récepteur, qui est placé dans le circuit direct, dans le cas des courtes distances, (300 m à 400 m), ou dans un circuit réduit, en utilisant une bobine d'induction, dans le cas des grandes distances (10 km à 15 km).

Le récepteur téléphonique, bien réglé au moyen d'une vis qui rapproche ou éloigne l'électro-aimant et le diaphragme, est ajouté aux lieu et place de l'embouchure ordinaire, dont est généralement muni le porte-diaphragme enregistreur.

Une chambre, en communication avec l'air extérieur par un petit trou et constituée par deux tubes rentrant l'un dans l'autre (de manière à pouvoir faire varier son volume), est interposée entre la membrane du téléphone et celle du phonographe.

Les vibrations, reproduites par les membranes du récepteur, sont ainsi transmises au diaphragme et au style du phonographe par l'intermédiaire de la couche d'air, et viennent s'inscrire sur les disques ou les cylindres.

(Note de MM. H. Lioret, F. Ducrétet et E. Roger, présentée par M. d'Arsonval à l'Ac. des Sciences, 29 mai 1911.)

Le système téléphonique semi-automatique ou automanuel. — L'auteur établit un parallèle entre le système manuel, le système automatique et le système auto-manuel ; le système auto-manuel est une combinaison des deux autres. Il conserve, dans le bureau central, un certain nombre d'opératrices, chargées de recevoir les demandes de communication qui sont réparties entre elles automatiquement, et de fournir les reliaisons, au moyen d'appareils automatiques ; l'outillage du central est sensiblement le même que dans les centraux automatiques, mais il n'y a pas, chez les abonnés, de dispositif spécial pour la transmission du numéro et la commande des appareils de l'autocommutateur.

Le système automatique élimine les inconvénients qui, dans le service normal, font obstacle à l'extension des centraux à multiples et à la subdivision du réseau ; il supprime le personnel opérateur ; il facilite les extensions et les modifications, etc. ; mais le système auto-manuel présente des avantages encore plus importants.

Il répond, aussi bien que le système automatique, aux exigences de l'exploitation téléphonique ; il ne fait pas disparaître, il est vrai, les opérateurs, mais il simplifie leur tâche au point que leur rendement devient très bon et que l'emploi de téléphoniste ne demande plus que des aptitudes toutes secondaires ; des aveugles peuvent l'exercer ; d'autre part, comme les commutateurs sont placés sous le contrôle de relais actionnés en local, par les opératrices mêmes, leur fonctionnement est sensiblement plus sûr et plus régulier, et le personnel de mécaniciens chargés d'en assurer la surveillance et l'entretien est moindre que dans un central automatique. Les postes d'abonné ne comportent aucun dispositif spécial ; ils gardent toute la simplicité que l'on est parvenu à leur donner grâce au système à batterie centrale.

Rien n'est modifié aux conditions de travail actuelles, c'est-à-dire que la compagnie ou l'administration téléphonique continue à assurer elle-même l'établissement des communications, sans se décharger sur l'abonné de l'exécution des manœuvres destinées à assurer l'établissement des reliaisons.

L'auteur donne ensuite une série de tableaux comparatifs sur le temps d'occupation des employées, les dépenses de service, etc., dans un central manuel et dans un central automanuel.

(Communication de M. E. E. Clément à l'American Institute of Electrical Engineers, avril 1911.)

Communication radiotélégraphique et radiotéléphonique avec les avions et dirigeables. — L'établissement de communications radiotéléphoniques avec les dirigeables est relativement facile, parce que les aérostats peuvent emporter tout l'équipement nécessaire. Avec les avions, il faut des instruments plus légers.

Farman a obtenu de bons résultats avec un système de deux antennes formées de fils d'une centaine de mètres de longueur. Dans la réception acoustique, la grande difficulté est due au bruit des moteurs ; il faudrait des appareils enregistreurs. Les vibrations peuvent aussi contrarier le fonctionnement des instruments.

(Communication de M. T. Thorne Baker à la Royal Institution, Londres, juin 1911.)

La télégraphie sans fil à grande distance. — On a adopté, à Clifden et à Glace Bay, des condensateurs à air ; ils sont économiques au point de vue du rendement. Il n'est pas avantageux de produire des ondes continues ; il vaut mieux des groupes d'ondes produites à intervalles réguliers et donnant un son musical dans le récepteur réglé, non seulement pour les ondes, mais pour le son. On emploie dans ce but l'oscillateur à disque tournant de Marconi, avec pointes métalliques régulièrement espacées. On travaille à une fréquence de 45 000.

Une particularité notable est l'emploi, à Clifden, du courant continu à haute tension pour charger le condensateur ; des générateurs spéciaux fournissent du courant à 20 000 volts et ce courant est emmagasiné dans une batterie de 6 000 éléments en série.

Il n'est pas exact que l'emploi d'une prise de terre soit défavorable à l'obtention d'une bonne syntonisation, du moment du moins que la prise de terre est bonne.

(Communication de M. G. Marconi, Royal Institution, juin 1911.)

Électrification d'une section suburbaine du chemin de fer London, Brighton et côte méridionale. — Le système alternatif monophasé ayant donné d'excellents résultats sur la South London Line, la Compagnie du London Brighton and South Coast Railway en a étendu l'emploi à la section suburbaine reliant Battersea au Cristal Palace et à Selhurst, soit sur une longueur de 35 km. environ. L'auteur donne la description du matériel et de la ligne.

(Communication de M. P. Dawson, Institution of Electrical Engineers, 11 mars 1911.)

FILATURE ET TISSAGE

Emploi de l'électricité dans les filatures. — Nous allons comparer les prix de revient obtenus avec l'emploi de machines alternatives à vapeur et celui d'une station centrale composée de turbines à vapeur avec dynamos et de moteurs électriques.

1° Installation.	MACHINES à vapeur	MOTEURS électriques
Puissance nécessaire.	1 000 HP	3 000 kw
Prix de l'installation.	1 294 300 fr	1 725 750 fr
2° Prix de revient par HP an.		
Intérêt 5 %	64 715	86 285
Assurance.	3 880	5 175
Dépréciation 5 %	64 715	86 285
Taxes.	13 950	18 630
Combustible.	232 380	232 380
Main-d'œuvre.	33 980	37 730
Réparations.	5 000	5 500
Divers.	4 800	3 000
	423 420	474 985
Coût par HP an.	105 85	118 75

3° Prix de revient de production pour une filature conduite soit au moyen d'une machine à vapeur commandant les différents appareils

par poulies et courroies, soit par des moteurs électriques séparés. La filature donne environ 17 263 kg de fil par cinquante-huit heures.

	COMMANDE mécanique	COMMANDE électrique
Intérêt 5 %/o.	70 380 »	61 140 »
Assurance.	4 220 »	36 065 »
Dépréciation 5 %/o.	70 380 »	61 140 »
Taxes.	15 210 »	13 230 »
Force motrice.	91 454 40	91 081 25
Débours.	255 395 »	224 610 »
Total.	507 039 40	454 866 25

Le prix par kilogramme pour filer seulement : par commande mécanique, 0,1143; par commande électrique, 0,1026.

Economie réalisée par l'emploi de l'électricité : 10,23 %/o.

(Communication de *George P. Gilmore* à The Master Mechanics Association of America à Fall River, 19 mai 1911.)

MÉCANIQUE

L'Aphégraph. Son emploi et ses applications. — La mise en équation d'un mouvement n'est que rarement possible; elle exige, dans les bureaux d'étude, de la part des ingénieurs et des exécutants, une culture supérieure qui, si elle est un excellent appoint, ne doit pas être rendue indispensable.

Dans la recherche des efforts d'inertie en général, dans les mouvements de machines en particulier, c'est à la méthode graphique plutôt qu'à la méthode algébrique qu'on a recours.

Les dérivées première et deuxième qui, dans une loi de mouvement, donnent la loi des vitesses et celle des accélérations, s'obtiennent sans difficulté, algébriquement; leur obtention graphique, qui semble plus simple, se bute à l'incertitude des points de tangence. L'erreur de cette incertitude est grande pour une seule dérivée; elle devient énorme quand successivement deux dérivées sont à obtenir.

On tourne la difficulté dans certains cas de mouvement : bielle et manivelle, mouvement de retour rapide des étaux limeurs. Mais les cas généraux, où la méthode des tangentes seule est applicable, sont plus nombreux. L'aphégraph, qui écrit, qui spécifie rigoureusement les points de contact des tangentes et des courbes, est alors d'un emploi particulièrement indiqué.

Cet appareil est constitué par une règle à contact de verre parfaitement dressée en alignement *ab* avec un point fixe représenté par un style *b*, lequel style se trouve à une distance fixe d'une lame de platine *a* de quelques centièmes de millimètres d'épaisseur, isolée dans la plaque de verre et affleurée avec celle-ci.

La lame de platine est mise en communication avec une pile-sonnerie.

La courbe *AB* à étudier est matérialisée par une règle métallique flexible épousant rigoureusement sa forme.

Quand l'étude en mérite la peine, on construit un gabarit. Cette règle ou ce gabarit est mis en communication avec le deuxième pôle de la pile sonnerie.

Quand l'aphégraph qui représente la tangente est mis en contact avec la courbe métallisée et que le courant passe, ce qu'indique la sonnerie, c'est que la position de l'aphégraph est celle d'une tangente dont le point de contact est en *a*; on marque avec le style le point *b*. Le lieu géométrique du point *b*, que M. Carpentier a appelé la courbe *G*, est le lieu des points des tangentes à la courbe, points équidistants des points de tangence.

Si donc on veut obtenir, en un point quelconque *m* de la courbe *AB*, la dérivée, il suffit, de ce point, avec une ouverture de compas de longueur égale à la distance fixe *ab* de l'aphégraph, de décrire un arc qui coupe la courbe *G* en un point *n* de la tangente cherchée.

Ainsi on peut construire l'épure de la recherche des efforts, pendant l'essai de flexion par choc, à l'aide de l'aphégraph; on détermine l'échelle de ces efforts mesurés sur les accélérations et en rapportant ces efforts aux espaces, l'intégration de la surface obtenue doit correspondre au nombre de kilogrammètres accusés par l'appareil de mesure directe, c'est-à-dire le tachymètre à pompe centrifuge.

L'auteur a pu également, à l'aide de l'aphégraph, déterminer les efforts d'inertie dans le mouvement auxiliaire du moteur Clerget de 200 chevaux pour aviation.

L'aphégraph peut être encore appliqué à la recherche de la loi de résistance des carènes de navires, à la loi de résistance des trains par rapport aux vitesses, et il y a lieu d'espérer de nombreuses autres

applications en des recherches et en des industries très différentes. (Communication de *M. R. Guillery* à la Soc. des Ingénieurs Civils. 2 juin 1911.)

MÉTALLURGIE

Emploi du calcium et molybdène pour augmenter la résistance des fils de cuivre. — Jusqu'à présent, c'est par l'addition de petites quantités d'aluminium et de magnésium au cuivre que l'on augmentait sa résistance à la traction. On obtenait une conductibilité de 95 %/o avec une résistance à la traction de 40 à 46 kg par millimètre carré.

Avec 0,35 %/o de calcium, la conductibilité du cuivre est 98 %/o, sa résistance à la traction 45 kg par mm².

Avec 0,05 %/o de molybdène, on a 96,2 %/o pour conductibilité et 52 kg 9 par mm² comme résistance.

Avec 0,35 %/o de calcium et molybdène, on obtient pour la conductibilité et la résistance respectivement 98 %/o et 52 kg par mm².

(Communication faite à l'Electrochemische Werke Gesellschaft, 20 avril 1911.)

De l'emploi du manganèse et du silicium dans la fonderie. — Le manganèse agit de deux façons différentes. Lorsqu'il est introduit dans d'assez fortes proportions (2 %/o et au-dessus), il augmente la dureté du métal et produit une structure cristalline plus grosse.

Lorsque, au contraire, on introduit une faible proportion de ferromanganèse dans la fonte en fusion (0 kg 500 d'alliage à 80 %/o de manganèse dans 300 kg de fer), il se comporte non comme si l'on avait ajouté 0,133 %/o de manganèse au métal, mais simplement comme un désoxydant et un désulfurant, purifiant la fonte, l'adoucissant et augmentant sa ductilité et sa résistance.

A cause de ces deux effets opposés du manganèse, l'emploi de ce dernier d'une façon inexpérimentée doit sûrement conduire à des déceptions. Alors que le manganèse est approprié aux fontes et aciers à forte proportion de carbone, le silicium est indiqué pour le traitement des fers et aciers à faible teneur. Il possède la propriété de les adoucir considérablement, diminuant beaucoup leur fragilité et augmentant leur résistance.

Cependant ni le manganèse, ni le silicium ne doivent être regardés comme des panacées et, bien que chacun ait dans certain cas une grande importance, leur emploi demande beaucoup d'expérience et de discernement et peut quelquefois être non seulement inutile, mais encore nuisible.

(Communication de *M. Alexander E. Outerbridge Jr* au Pittsburgh Meeting of American Foundrymen's Association de 1911.)

Effets du titane sur le fer. — Des teneurs très faibles variant entre 0,1 à 1 %/o de titane sont suffisantes pour faire disparaître du fer certaines impuretés sur lesquelles la chaux ou le spath fluor n'ont aucune action.

Des teneurs plus fortes augmentent la fluidité du fer fondu, suppriment les soufflures et autres défauts, donnent au grain une finesse remarquable et facilitent l'usinage.

Les frais supplémentaires introduits par l'emploi du titane varient entre 0 fr 25 et 3 fr 75 par tonne de fer et se retrouvent amplement dans un prix de vente beaucoup plus élevé.

(Communication de *M. Charles V Slocum* au Pittsburgh Meeting of American Foundrymen's Association de 1911.)

Élévateurs magnétiques. — Prix d'achat de la grue avec l'aimant soulevant des lingots de 600 kg : 20 000 fr. Une grue de cette taille peut déplacer 35 t par heure à un prix de (main-d'œuvre, combustible, huile) 0 fr 014 par tonne et par heure.

Dépréciation 12 %/o par an : 2 400 fr. Pour une manœuvre annuelle de 21 000 t, le prix d'amortissement et intérêt par tonne est de 0 fr 025, ce qui porte à 3 centimes 9 par tonne la manutention des lingots, alors qu'à la main on arrive à 0 fr 10 environ.

L'économie représentée par l'emploi de cet appareil est donc de 6 615 fr par an.

Dans le cas d'une fonderie munie déjà de grue à vapeur ou électrique, dans des conditions identiques, l'installation d'un aimant revient à environ 4 500 fr et permet une économie de 4 620 fr par an.

(Communication de *M. H. F. Stratton* au Pittsburgh meeting of American Foundrymen's Association de 1911.)

MINES

Force motrice dans les mines. — Sans vouloir établir une comparaison entre l'extraction à vapeur et l'extraction électrique, on peut

dire que l'utilisation des vapeurs d'échappement a permis à la machine d'extraction à vapeur de reprendre l'avantage sur la machine d'extraction électrique, qui pourra rarement fournir le cheval utile en charbon extrait aussi économiquement que la machine à vapeur complétée par une turbine BP.

L'étude de M. A. Hinc montre que la machine d'extraction doit être une machine jumelle à simple expansion. La distribution doit être étudiée pour que, indépendamment du mécanicien, la machine ne fonctionne qu'avec détente. Les dimensions des cylindres seront choisies en conséquence.

Les machines d'extraction très compliquées et coûteuses, comme les machines compound double tandem, n'entreront que rarement en ligne de compte, étant moins économiques que les machines jumelles complétées par une turbine.

Les vapeurs d'échappement de la machine d'extraction seront envoyées à une turbine mixte produisant l'énergie électrique nécessaire à la mine.

Telle est, dans l'état actuel de la question, la solution la plus économique à proposer aux directeurs d'exploitation.

(Communication de M. A. Hinc à la Société de l'industrie minière, juin 1911.)

L'électricité dans les charbonnages. — Il est généralement plus économique pour un charbonnage de produire son électricité lui-même que de l'acheter à l'extérieur, parce que l'on dispose habituellement au charbonnage de grandes quantités de combustible secondaire, très avantageusement utilisable pour la génération de l'électricité. Il n'y a intérêt à procéder autrement que si l'emploi de l'électricité est restreint à quelques applications ne constituant pas une charge suffisamment permanente : l'actionnement des tirages, par exemple.

L'emploi des turbines à vapeur d'échappement avec accumulateur calorifique constitue une excellente combinaison et, dans beaucoup d'installations, on a pu constater que le prix de l'équipement est récupéré en trois ou quatre ans.

L'une des applications les plus importantes est l'actionnement des pompes, que l'on réalise communément au moyen de moteurs triphasés à induction; ce type est très avantageux, et il est permis de l'employer parce qu'on peut facilement mettre le moteur en marche à vide.

La commande des haveuses est aussi importante : on y utilise communément des moteurs de 20 à 40 chevaux.

Quant à l'application de la commande électrique à l'actionnement des tirages, elle est des plus économiques; dans une mine où le transport revenait, avec un drainage à vapeur, à 18,5 c par tonne, on en a abaissé le coût à 4 c; la production étant de 300 t par jour, l'économie réalisée a été de 12 500 fr par an.

(Communication de M. J. Miller, à la Société des Ingénieurs de Rugby, juin 1911.)

PHYSIQUE

Rendement des gazogènes. — M. J. Emerson Dowson a comparé le gaz produit dans un gazogène à injection de vapeur avec celui obtenu dans un gazogène de même puissance et identique travaillant par aspiration. Il a obtenu des chiffres contenus dans le tableau suivant.

La troisième colonne contient la moyenne des résultats d'expériences faites sur des gazogènes à injection de vapeur de puissances variant entre 8 et 300 HP.

COMPOSITION DU GAZ %, en volume	GAZOGÈNE aspirant 40 HP	GAZOGÈNE avec injection de vapeur 40 HP	GAZOGÈNE avec injection de vapeur 8 à 300 HP, moyenne
Hydrogène	15,64	19,8	17,36
Méthane	1,16	1,3	1,20
Oxyde de carbone	20,13	23,8	25,55
Acide carbonique	6,09	6,3	5,77
Oxygène	0,74	»	0,30
Azote	56,24	48,8	49,82
Pouvoir calorifique (British thermal units en pieds cubiques)	135,3	164,4	161,0

Il résulte de ce tableau que le pouvoir calorifique du gaz à l'eau est de 20 % supérieur à celui obtenu dans les gazogènes aspirants. Par

contre, comme il faut moins d'air pour brûler ce dernier, un plus grand volume de gaz peut être brûlé dans un cylindre de dimensions déterminées.

Il faut aussi tenir compte du fait que les pertes de charges, par frottement du gaz, sont plus faibles dans les gazogènes aspirants.

Le résultat pratique se traduit par une perte de puissance de 5 % lorsqu'on fait travailler le gazogène par aspiration.

Les gazogènes aspirants coûtent moins cher, occupent un espace plus restreint. La consommation de combustible par cheval-heure est la même dans les deux types, à condition d'obtenir la vapeur autrement qu'avec une chaudière indépendante.

M. Dowson étudia ensuite la variation du pouvoir calorifique du gaz fourni par un même appareil fonctionnant à pleine charge réduite.

Les résultats de nombreuses expériences peuvent se résumer dans le tableau suivant :

COMPOSITION	% EN VOLUME	
	pleine charge	charge réduite
CO	27,65	22,4
H	9,85	7,0
CO ₂	3,8	4,9
O	0,3	0,5
Az	58,4	65,2
Pouvoir calorifique en British thermal units en pieds cubiques	128,9	101,0

Au cas où le tirage est obtenu par la dépression constante d'un ventilateur, au lieu de l'être par les aspirations intermittentes d'un moteur, la composition du gaz est la même si l'on fonctionne à pleine charge, et meilleure dans le cas de la charge réduite.

On diminuera la différence en maintenant la température du feu aussi élevée que possible et réduisant la quantité de vapeur insufflée proportionnellement au volume d'air aspiré.

M. Dowson termine sa communication par un tableau donnant les consommations de combustibles par heure en fonction de la puissance des moteurs, obtenue par l'emploi de machines à vapeur ou de moteurs à gaz de gazogène.

TYPE de la chaudière	MAXIMUM de puissance de la chaudière HP	HOUILLE consommée par heure de marche	MAXIMUM de puissance du gazogène HP	HOUILLE consommée par heure
		lb = $\frac{100}{450}$ kgs (1)		LIVRES
Lancashire	450	»	250	5,1
Babcock et Wilcox	210	67,00	250	5,9
Babcock et Wilcox	210	67,00	100	2,1
Babcock et Wilcox	500	180,0	»	»
Babcock et Wilcox	500	112,0	250	4,5
Niclausse	400	50,0	225	3,8
Lancashire	400	44,7	375	1,8
Moyenne		71,5		3,5

Le rendement calorifique des chaudières à fonctionnement intermittent est plus mauvais que celui des gazogènes, par suite des pertes par radiation, maçonnerie, eau, etc.

(Note de M. J. Emerson Dowson à l'Institution of Mechanical Engineers, mai 1911.)

Transmission de la chaleur. — La transmission de la chaleur peut s'effectuer de trois façons : par radiation, conductibilité ou convection. En matière de chauffage, il est extrêmement important de savoir comment se comportent les différentes surfaces et matières au point de vue de la transmission de la chaleur.

Les ingénieurs admettent que la chaleur transmise est égale à la différence de température entre l'air de la salle et la vapeur du radiateur multipliée par un coefficient qui ne dépend que de la nature et

(1) Ce qui équivaut à 153 gr. 4.

de la forme de la surface. Ce coefficient se détermine de la façon suivante : On pèse soigneusement la quantité de vapeur condensée par mètre carré de surface de radiateur, et le produit de ce poids par la chaleur latente de la vapeur à la pression qu'elle a dans le radiateur donne la perte de chaleur par unité de surface; son quotient par la différence de température donne la constante.

Voici quelques chiffres :

TYPE du radiateur	SURFACE en m ²	KGS CONDENSÉS par heure et m ²	COEFFICIENTS de transmission
Fonte :			
1 tube	4,6	1,1	9,2
2 tubes	4,6	1,3	8,3
3 tubes	4,5	1,02	7,3
6 tubes	3,5	1,12	6,8
Fer :			
1 tube	1,1	2,23	16,2
2 tubes	2,1	1,43	10,0
3 tubes	4,6	1,47	8,8
4 tubes	4,6	1,01	6,4

Le tableau suivant donne les résultats d'expériences faites avec des températures de vapeur différentes, et des salles différentes afin de montrer la constance du coefficient :

Radiateur en fonte.

DIFFÉRENCES de température	COEFFICIENTS de transmission	DIFFÉRENCES de température	COEFFICIENTS de transmission
80	7,8	160	8,37
100	7,9	170	8,39
120	8,07	180	8,502
140	8,23	190	8,6
150	8,3		

Ces coefficients sont affectés par l'humidité de l'air, comme le montre le tableau suivant :

% de vapeur d'eau dans l'air	COEFFICIENTS de transmission	% de vapeur d'eau dans l'air	COEFFICIENTS de transmission
20	8,95	70	8,3
30	8,85	80	8,15
40	8,65	90	8,05
50	8,60	100	7,95
60	8,45		

La peinture des radiateurs fait beaucoup varier les coefficients. On fit de nombreuses expériences sur deux radiateurs en fonte identiques qui, avant d'être peints, donnaient exactement les mêmes résultats. Sur l'un d'eux, on laissa un petit rectangle qui fut peint différemment. On constata que les couleurs à base de cuivre, aluminium et autres métaux diminuent les coefficients; les émaux et peintures au plomb et zinc ne les changent pas. On constata de plus que la conductibilité du métal n'avait aucune influence; seule la nature de la surface importait, ce qui fait qu'à ce point de vue l'épaisseur du métal n'a aucune importance.

Il faudra tenir compte de la vitesse de l'air au moyen d'un coefficient à peu près constant. On l'obtient de la façon suivante : Diviser le nombre de calories transmises par heure par la différence entre la température moyenne de l'air traversant le radiateur et de la vapeur de ce dernier; le résultat divisé par le nombre de mètres cubes d'air passant par heure et mètre carré de surface donne le coefficient cherché. (Communication du professeur R. Allen à The National District Heating Association, de Pittsburgh, 6 et 8 juin 1911.)

Développement physique d'une image radiographique après fixage par l'hyposulfite de soude et lavage prolongé de la plaque sensible irradiée. — Les rayons X, agissant sur une plaque sensible au gélatinobromure d'argent, provoquent, comme les rayons lumineux, les différentes phases du phénomène de « solarisation ». Des expériences récentes viennent de prouver que l'analogie entre ces diverses radiations se poursuit dans la formation d'une image par développement, après fixage, de la plaque impressionnée par l'un ou l'autre de ces rayonnements.

(Note de M. M. Chanoz, présentée par M. d'Arsonval à l'Ac. des Sciences, 6 juin 1911.)

Sur la mesure des intensités des diverses radiations d'un rayonnement complexe. — La mesure du rapport des intensités de deux radiations de longueurs d'onde différentes s'obtient par des expériences bolométriques.

Une telle mesure, faite sur un rayonnement complexe, donne la somme des intensités des radiations qui le composent. On détermine la part qui revient à chacune d'elles au moyen du spectroscope.

Une nouvelle méthode consiste à mesurer l'intensité totale du rayonnement après passage à travers des absorbants modifiant d'une façon connue chacune des radiations.

Les applications qui ont été faites de ce procédé ont donné de bons résultats.

(Note de MM. H. Buisson et Ch. Fabry, présentée par M. G. Lippmann à l'Ac. des Sciences, 26 juin 1911.)

TRAVAUX PUBLICS

Sur les encorbellements de la rue de Rome et du boulevard des Batignolles. — Ces encorbellements ont 7 m ou 5 m de porte-à-faux au-dessus des voies du chemin de fer de la gare Saint-Lazare. Ils sont en béton armé. Chacun d'eux se compose d'un hourdis ou platelage horizontal supporté par des consoles espacées de 5 m à 6 m. La partie inférieure de ces consoles est comprimée; leur partie supérieure tendue est armée par un tirant, composé de quatre aciers ronds de 5 cm de diamètre, qui se prolongent dans l'épaisseur du mur de soutènement et s'accrochent à une poutre longitudinale d'ancrage, également en béton armé.

Les épreuves de résistance exécutées trois mois après l'achèvement des platelages ont confirmé les résultats des calculs.

(Note de M. Rabut, présentée par M. Alfred Picard à l'Ac. des Sciences, 8 mai 1911.)

La Région de la Loire maritime, son développement, son utilisation, son avenir. — Depuis l'ouverture du canal maritime, en 1902, la jauge des navires fréquentant le port de Nantes s'est élevée à 1 600 000 tonnes en 1910. A l'augmentation du trafic maritime a correspondu une augmentation générale de l'activité industrielle et commerciale dans toute la région nantaise, aussi bien dans l'industrie proprement dite que dans l'agriculture, ce qui montre avec une netteté absolue l'identité des intérêts agricoles, commerciaux et industriels dans un même pays. Les brillants résultats ainsi obtenus conduisent la ville de Nantes à perfectionner encore son outillage maritime, son port et son accès par la basse Loire.

Pour que cet accès réponde à tous les besoins, non seulement du présent mais de l'avenir, il est nécessaire que la barre des Charpentiers, qui ferme la Loire en aval de Saint-Nazaire, soit dérasée à une cote suffisamment basse pour que les plus grands navires puissent entrer dans la rade de Saint-Nazaire à toute heure de la marée. On est donc conduit ainsi à envisager l'amélioration du port de Saint-Nazaire en même temps que celle du port de Nantes.

Le port de Saint-Nazaire a été successivement amélioré depuis 1896 par la construction d'un avant-port, d'une entrée à grande profondeur, d'une forme de radoub de grandes dimensions, etc.; mais les bassins ne possèdent qu'un tirant d'eau insuffisant et le nouveau sas d'entrée est déjà lui-même trop court, en raison de l'accroissement si rapide des dimensions des navires.

Pour que les ports de Nantes et de Saint-Nazaire, dont les intérêts sont en somme entièrement solidaires, puissent se développer dans l'avenir, comme ils peuvent l'espérer d'après leur situation géographique, il est nécessaire de prévoir à Saint-Nazaire un grand bassin, sans écluses, communiquant directement avec les grands fonds de la rade; dans la basse Loire, un système de digues assurant définitivement la stabilité du chenal successivement approfondi par les dragages ainsi que par le mouvement du flot; enfin, à Nantes, l'augmentation progressive des quais et le remplacement des ponts actuels en pierre par d'autres ponts à large ouverture, facilitant les mouvements du flot qui seuls peuvent empêcher l'envasement du port et le maintien de la profondeur du chenal.

Grâce à cet ensemble de travaux bien compris, on peut espérer voir dans l'avenir Nantes, qui est située dans l'intérieur des terres, au milieu d'une riche campagne, devenir le centre des industries de transformation comportant l'arrivée de cargaisons complètes, la tête de ligne régulière des cargos.

(Communication de M. Godart à la Soc. des Ingénieurs civils, 7 avril 1911.)

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION

DU TRAVAIL INDUSTRIEL

Hygiène et sécurité des travailleurs.

Un décret du 2 juin 1911 a modifié le décret du 29 novembre 1904 sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs. Voici les parties essentielles de la nouvelle rédaction :

« ART. 16, § a (*Sorties*). — Les portes des ateliers, bureaux et magasins de dépôt, où séjournent plus de 10 employés ou ouvriers et, quelle que soit l'importance du personnel, les portes des ateliers, magasins, bureaux où sont manipulées des matières inflammables, celles des magasins de vente doivent s'ouvrir de dedans en dehors, soit qu'elles assurent la sortie sur les cours, vestibules, couloirs, escaliers et autres dégagements intérieurs, soit qu'elles donnent accès à l'extérieur.

Si les portes s'ouvrent sur un couloir ou sur un escalier, elles doivent être disposées de façon qu'une fois développées, elles ne soient en saillie sur ce dégagement que de leur épaisseur même.

Les sorties doivent être assez nombreuses pour permettre l'évacuation rapide de l'établissement; elles doivent être toujours libres.

Dans les établissements importants, des inscriptions bien visibles doivent indiquer le chemin vers la sortie la plus rapprochée. En outre, s'ils sont éclairés à la lumière électrique, ils doivent comporter, en même temps, un éclairage de secours.

Dans les ateliers, magasins ou bureaux où sont manipulées des matières inflammables, aucun poste habituel de travail ne doit se trouver à plus de 10 m d'une sortie. Les portes de sortie qui ne servent pas habituellement de passages doivent, pendant les périodes de travail, pouvoir s'ouvrir très facilement de l'intérieur et être signalées par la mention « sortie de secours » inscrite en caractères bien visibles.

Dans les ateliers, magasins ou bureaux où sont manipulées des matières inflammables, si les fenêtres sont munies de grilles ou grillages, ces grilles ou grillages doivent pouvoir s'ouvrir très facilement de l'intérieur.

ART. 16, § b (*Escaliers*). — Les escaliers desservant les locaux de travail sont construits soit en matériaux incombustibles, soit en bois hordé de plâtre sur 3 cm au moins d'épaisseur, ou protégés par un revêtement d'une efficacité équivalente.

Le nombre de ces escaliers est calculé de manière que l'évacuation de tous les étages d'un corps de bâtiment contenant des ateliers puisse se faire immédiatement.

Tout escalier pouvant servir à assurer la sortie simultanée de vingt personnes au plus doit avoir une largeur minimum de 1 m; cette largeur doit s'accroître de 15 cm pour chaque nouveau groupe du personnel employé, variant d'une à cinquante unités.

Une décision du ministre du Travail et de la Prévoyance sociale peut toujours, si la sécurité l'exige, prescrire un nombre minimum de deux escaliers.

La largeur minimum des passages ménagés à l'intérieur des pièces et celle des couloirs conduisant aux escaliers doivent être déterminées d'après la règle établie ci-dessus pour les escaliers.

La largeur minimum des passages ménagés à l'intérieur des pièces et celle des couloirs conduisant aux escaliers doivent être déterminées d'après la règle établie ci-dessus pour les

escaliers. Ces passages et ces couloirs doivent être libres.

ART. 17, § a (*Eclairage et chauffage*). — Il est interdit d'employer, pour l'éclairage et le chauffage, aucun liquide émettant, au-dessous de 35°, des vapeurs inflammables. À moins que l'appareil contenant le liquide ne soit solidement fixé pendant le travail; la partie de cet appareil contenant le liquide doit être étanche, de manière à éviter tout suintement du liquide.

Aux heures de présence du personnel, le remplissage des appareils d'éclairage, ainsi que des appareils de chauffage à combustible liquide, soit dans les locaux de travail, soit dans les passages ou escaliers servant à la circulation, ne peut se faire qu'à la lumière du jour et à la condition qu'aucun foyer ne soit allumé.

Les tuyaux de conduite amenant le gaz aux appareils d'éclairage et de chauffage doivent être soit en métal, soit enveloppés de métal, soit protégés efficacement par une matière incombustible.

Les flammes des appareils d'éclairage ou des appareils de chauffage portatifs doivent être distantes de toute partie combustible de la construction, du mobilier ou des marchandises en dépôt d'au moins 1 m verticalement et d'au moins 30 cm latéralement : des distances moindres peuvent être tolérées en cas de nécessité en ce qui concerne les murs et plafonds moyennant l'interposition d'un écran incombustible qui ne doit pas toucher la paroi à protéger.

Les appareils d'éclairage portatifs doivent avoir un support stable et solide.

Les appareils d'éclairage fixes ou portatifs doivent, si la nécessité en est reconnue, être pourvus d'un verre, d'un globe, d'un réseau de toile métallique ou de tout autre dispositif propre à empêcher la flamme d'entrer en contact avec des matières inflammables.

Tous les liquides inflammables, ainsi que les chiffons et cotons imprégnés de ces substances ou de substances grasses, doivent être enfermés dans des récipients métalliques clos et étanches.

Ces récipients, ainsi que les gazomètres et les récipients pour huiles, les essences et le pétrole lampant, doivent être placés dans des locaux séparés et jamais au voisinage des passages ou des escaliers.

ART. 17, § b (*Consignes pour le cas d'incendie*). — Une consigne affichée dans chaque local de travail indique le matériel d'extinction et de sauvetage qui doit s'y trouver et les manœuvres à exécuter en cas d'incendie avec le nom des personnes désignées pour y prendre part.

ART. 20. — Le ministre du Travail et de la Prévoyance sociale peut accorder à un établissement dispense permanente ou temporaire de tout ou partie de ces prescriptions.

QUESTIONS ÉCONOMIQUES

Le guano et son commerce.

(Suite) (1).

A Pabellon de Pica, au Chili, par 21° latitude Sud, on ne trouve plus que 6 % d'azote, dans d'autres régions du Chili et en Californie que 5 ou même 3 %, en Patagonie et aux îles Falkland 2 %, dans la baie de Saldanhi (Afrique) 1 %. Le guano des îles Galapagos (Equa-

teur) ne renferme plus que 7 millièmes d'azote, celui de l'île Baker ou de la baie des Chiens-Marins (Australie) 5 à 6 millièmes, celui de l'île de Jarvis souvent moins de 3 millièmes.

Lorsqu'on lave le guano, on lui fait perdre son acide oxalique, son ammoniacque, etc. En faisant sécher le guano mouillé, on provoque la disparition de l'acide oxalique, et la décomposition du phosphate de chaux augmente la quantité d'acide phosphorique.

Avant de livrer le guano à la consommation, on lui enlève ses concrétions. Celui qui est vendu sous le nom de « guano du Pérou » doit avoir une teneur de 7 % d'azote, 14 % d'acide phosphorique, 2 % de potasse. On traite généralement le guano par l'acide sulfurique, afin de rendre soluble son acide phosphorique. Après ce traitement, le produit contient 5 à 7 % d'azote, 9,5 à 10,5 d'acide phosphorique soluble, 2 % de potasse, un peu d'ammoniacque sulfurique.

On divise le plus souvent les engrais en trois classes qui possèdent les principes essentiels à l'existence des végétaux : nitrates, phosphates, potasse. La plupart des terrains fertiles renferment ces éléments, mais dans des proportions très diverses. L'azote, autre élément indispensable, fait très souvent défaut dans les sols, et il se perd très facilement.

Or, tous les déchets organiques renferment de l'azote à l'état fixe, sous forme d'urates ou de sels d'ammoniacque. Mais ceux-ci disparaissent rapidement si l'engrais n'est pas appliqué immédiatement sur le sol. Même dans ce cas, l'azote peut encore être absorbé par l'eau avant d'avoir pu être utile aux plantes.

Le guano n'a pas ces inconvénients. Dans son état normal, n'ayant pas été soumis à l'action de la pluie ou de l'humidité, il a pu conserver son azote, grâce au climat sec des régions où il se trouve. C'est donc le meilleur des engrais naturels. C'est aussi celui dont le prix est le plus élevé.

Les diverses classes de guano renferment des proportions très variables d'ammoniacque qui en font varier la valeur.

Les guanos des régions pluvieuses ont perdu la plus grande partie de leurs sels solubles et une certaine proportion de leurs matières organiques.

(A suivre.)

PAUL BARRÉ.

STATISTIQUES

Production des métaux autres que le fer en France.

La production des divers métaux autres que le fer, en France, a atteint une valeur de 81 millions de francs en 1909, se répartissant ainsi :

	QUANTITÉS	VALEUR
Zinc	49 956 t	27 309 000 fr
Cuivre	7 823 t	12 195 000 fr
Plomb	26 927 t	9 464 000 fr
Aluminium	6 092 t	9 392 000 fr
Argent	63 671 k	7 131 000 fr
Or	2 200 k	6 750 000 fr
Nickel	1 600 t	5 600 000 fr
Antimoine	5 444 t	3 156 000 fr
Platine	5 k	15 000 fr

Cette production est insuffisante pour satisfaire aux besoins de notre consommation, et nous devons importer de l'étranger, surtout du cuivre et du plomb en grandes quantités. En 1910, nous sommes cependant devenus exportateurs de zinc-métal (3.875 t).

Notre production continue à dépasser notre

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 8, p. 482.

consommation en aluminium (de 4.117 t en 1910), antimoine (2.100 t), argent (7.380 kg), nickel (50 t); elle ne peut, par contre, subvenir aux demandes intérieures en cuivre (de 72.647 t), plomb (36.547 t), étain (7.276 t), mercure (140 t), platine (7.424 kg), or (2.517 kg).

Pour le zinc, la production française est montée de 19.400 t à 50.000 t dans ces vingt dernières années; pour le cuivre, de 2.300 t à 7.800 t; pour le plomb, de 4.500 t à 26.900 t; pour le nickel, l'antimoine, l'aluminium, de 1.200 t à 13.100 t. Par contre, l'argent a baissé de 71 t à 63 t.

La consommation de la France en métaux peut ainsi s'établir, en faisant ressortir, d'après l'*Echo des Mines* en %, le rapport de notre production :

	TONNES	(EN 1909)
Plomb	92 800	29 %
Cuivre	75 200	10 %
Zinc	58 000	105 %
Etain	8 800	0 %
Nickel	1 400	115 %
Antimoine	3 300	165 %
Aluminium	1 700	358 %
Mercure	180	0 %

Zinc. — La production, en 1909, du zinc brut a été en augmentation de 2.100 t sur 1908, et celle de 1910 a encore dû surpasser de 2.000 t la première. Ce métal est obtenu dans les usines d'Auby et Saint-Amand (Nord : 28.018 t), de Viviez (Aveyron : 16.200 t), et Noyelles-Godault (Pas-de-Calais : 5.738 t).

Plomb. — Le plomb, en augmentation de 800 t, est fabriqué spécialement par la Société de Pontgibaud, à Couëron (Loire-Inférieure : 15.100 t), et la Société de Malfidano, à Noyelles-Godault (Pas-de-Calais : 9.320 t).

Cuivre. — Le cuivre, en baisse de 100 t, qui ne s'est qu'accentuée en 1910, est obtenu principalement dans les départements des Ardennes (usines de Givet : 4.650 t), et du Pas-de-Calais (usines de Biache-Saint-Waast : 2.000 t).

Antimoine. — La production en régule, oxyde et sulfure a été de 5.444 t au lieu de 3.850 t en 1908. Elle comprend 3.511 t de régule, 1.852 t d'oxyde et 81 t de sulfure. Les départements de la Haute-Loire et de la Mayenne sont les deux sièges principaux de cette industrie : le premier a produit 1.741 t de régule et 422 t d'oxyde, le second 1.224 t de régule, 624 t d'oxyde et 81 t de sulfure.

Aluminium. — Ce métal est fabriqué surtout dans la Savoie (4.792 t) et un peu en Haute-Savoie (700 t), Ariège (600 t), en hausse de 1.411 t sur 1908.

Nickel. — La fabrication du nickel au moyen du minerai de la Nouvelle-Calédonie a eu lieu dans la Seine-Inférieure exclusivement; on y a produit 1.600 t soit 200 t de moins qu'en 1908.

Argent. — L'argent a été obtenu à la fois par fusion de minerais d'argent et de minerais de plomb mélangés à des produits ou déchets argentifères et par le traitement de plombs d'œuvre importés.

Citons les départements des Bouches-du-Rhône avec 39.000 kg, Pas-de-Calais 5.000 kg, et les mines indigènes 15.000 kg.

Or. — Les deux principaux producteurs sont : les mines de la Bellière (1.200 kg en 1910) et de la Lucette, suivies par les mines du Châtelet. Il a été produit seulement 136 kg dans les usines de fusion.

Les chemins de fer dans le monde.

La longueur totale des chemins de fer exploités dans le monde entier s'élevait, au 31 décembre 1910, à 1.006.748 km.

Les premiers 100.000 km furent atteints en 1859. Le demi-million fut atteint en 1886, et, en 1910, le million était dépassé.

En prenant la date de 1825 comme début de

l'exploitation des voies ferrées, on voit donc que 57 années furent nécessaires pour atteindre le demi-million, tandis que pour le second demi-million il ne fallut que 23 années.

Le capital nécessaire par la construction des lignes de chemins de fer du globe est évalué à 2.700 millions de francs.

Le développement des réseaux ferrés est le plus rapide aux Etats-Unis, où l'augmentation annuelle moyenne est de 5.134 km.

En Europe (1), le réseau s'accroît annuellement de 4.067 km. Dans ce dernier chiffre, l'Autriche-Hongrie intervient pour 1.081 km; l'Allemagne, pour 1.055; la Russie, 560; la France, 454; l'Angleterre, 140, etc.

Les Etats-Unis possèdent, à eux seuls, 381.701 km de voies ferrées et l'Amérique tout entière en compte 513.824 km. Le réseau des Etats-Unis est plus étendu de 2.000 km que celui de l'Europe, qui s'élève à 329.691 km.

L'Asie comporte un réseau de 99.430 km; l'Afrique, 33.481; l'Australie, 30.316.

Par ordre d'importance viennent, après les Etats-Unis : l'Allemagne, avec un réseau de 60.089 km; la Russie d'Europe, 59.403 km; les Indes anglaises, 50.667 km; la France, 48.579 km; l'Autriche-Hongrie, 43.717 km; le Canada, 38.783 km; l'Angleterre, 37.475 km; le Brésil, 20.919 km; l'Italie, 16.799 km; l'Espagne, 14.956 km; la Suède, 13.797 km. Les autres Etats ont un réseau de moins de 10.000 km d'étendue.

TECHNOLOGIE INDUSTRIELLE

Le transport des denrées périssables et les wagons frigorifiques.

(Suite et fin) (2).

Pour les grandes distances, les horaires des trains sont établis avec beaucoup de soin, en vue surtout d'augmenter la célérité de la livraison et l'exactitude de la marche; les approvisionnements au départ peuvent donc être organisés parallèlement à cette régularité et seulement selon les besoins des marchés, de façon à éviter la surabondance ou l'insuffisance des produits.

La réfrigération préalable retarde le développement de la corruption et prolonge, par conséquent, la période de conservation; elle a donc l'avantage de dispenser le transporteur de donner des vitesses exceptionnelles et onéreuses aux trains contenant les denrées périssables; mais elle doit être appliquée dans des conditions spéciales à chaque produit et que seule indique l'expérience; c'est ainsi que le lait, la volaille, ne devront pas être traités selon la même méthode que les fruits.

Prenant ceux-ci comme exemple (3), un bon appareil de réfrigération préalable doit abaisser la température sans qu'il en résulte un retard appréciable dans l'expédition des fruits; or, le passage par la salle frigorifique occasionne une perte de temps de plusieurs jours, tandis qu'en les soumettant à un simple jet d'air froid, on réduit la durée de mise en équilibre à une période de douze à vingt-quatre heures; c'est le procédé du vide intermittent.

Cette méthode utilise le principe bien connu de l'air introduit soit dans un vide, soit dans une masse d'air raréfié par la diminution de la pression normale; il se produit une certaine expansion de l'air introduit, ce qui permet à celui-ci d'agir directement sur les corps solides enfermés dans le même espace.

(1) Voir la statistique des chemins de fer de l'Europe dans *La Technique Moderne*, t. III, n° 5 (mai 1911) p. 323.

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 8, p. 432.

(3) *Bulletin de l'Association du Congrès international des Chemins de fer*, t. XXIV, n° 2.

Pour appliquer ce principe au cas qui nous occupe, un wagon chargé de fruits et hermétiquement fermé est muni, à chaque extrémité, de tuyaux servant à évacuer l'air intérieur, sous l'action d'une puissante aspiration; un troisième tuyau, fixé en haut et au milieu du wagon, amène de l'air froid, énergiquement refoulé, qu'un appareil distributeur disperse en volume égal et sous une pression égale vers tous les points du wagon. Un dispositif automatique ferme à des intervalles déterminés l'arrivée d'air froid, d'où création du vide nécessaire, expulsion de l'air et des gaz chauds par les tuyaux d'aspiration et réfrigération des fruits jusqu'au cœur à une température de 1° C à 4°, 4. Cette opération s'effectue dans l'espace de trois ou quatre heures; l'égalisation complète de la température dans tout le wagon demande douze heures.

Pour ce qui concerne la ventilation en cours de route, quelquefois seule suffisante, elle est destinée à emporter les gaz et l'air chaud accumulés dans la partie supérieure du wagon et certaines Compagnies (Railroad Refrigerator) ont recommandé d'adopter l'appareil connu sous le nom de *ventilateur Garland* il est construit sur le principe de l'aspiration ou de la succion, qui consiste à aspirer l'air chaud et les gaz de l'intérieur, pour permettre à l'air frais du dehors d'entrer par les ventilateurs ordinaires et d'atteindre les parties supérieures du chargement; de plus, quand il s'agit de transports réfrigérés, l'air froid peut par ce moyen remplir l'espace occupé auparavant par les gaz et l'air chauds. Enfin, en ce qui touche les envois transportés dans des wagons réfrigérants, avec les ventilateurs fermés à cause d'une trop basse température extérieure, ce ventilateur aspire l'air vicié et les gaz délétères qui se forment.

L'air intérieur est aspiré par une ouverture dans un évent, sous l'action de l'air refoulé par le mouvement rapide du train dans un conduit par delà l'embouchure de l'évent communiquant avec l'intérieur du wagon (à la façon d'un Giffard); les conduits sont disposés de manière à s'ouvrir dans des directions opposées, pour la marche du wagon dans les deux sens. A la vitesse de 50 kilomètres à l'heure, le volume d'air aspiré de l'intérieur du wagon est de 285 mètres cubes par heure; pendant les stationnements, l'entrée d'air chaud est empêchée par la densité plus grande de l'atmosphère intérieure.

Il va sans dire que le refroidissement des denrées, avant l'expédition, économise l'énergie de réfrigération nécessaire pour expulser la chaleur naturellement emmagasinée dans les produits et établit une température uniforme et suffisamment basse dans le wagon, à partir du moment du chargement; ceci permet d'utiliser une plus forte proportion du cube du wagon; mais l'organisation et l'amélioration des méthodes suivies pour préparer les marchandises avant l'expédition ou pour en régler la remise entre les mains du transporteur appartiennent au producteur et au distributeur, et il n'incombe au voiturier que le soin de protéger les denrées périssables à partir du moment où elles lui sont confiées.

C'est en ce sens que conclut sir J. M. Culp en recommandant :

1° L'expulsion complète de toute la chaleur naturelle des denrées, animales ou végétales, très promptes à se gâter;

2° La propagation, parmi les producteurs et les expéditeurs ou distributeurs, de toutes les sortes de denrées périssables, des conseils relatifs aux améliorations à réaliser en ce qui concerne les méthodes de préparation et d'emballage, les heures de remise au transporteur et les précautions rationnelles contre les incidents possibles en cours de route et pendant la livraison au consommateur. G. T.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES DES OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS

Analyses chimiques métallurgiques (Traité d') à l'usage des chimistes et manipulateurs de laboratoires d'aciéries Thomas, par J. HONON, ingénieur chimiste breveté, chef de service du Laboratoire des Essais chimiques, mécaniques et électriques aux Forges d'Audincourt (Doubs). — 1 vol. in-8° de ix-155 pages, avec 13 figures; cartonné, 5 fr. (Gauthier-Villars, éditeur. Paris, 1911.)

Ce traité est consacré à la chimie analytique appliquée à l'industrie du fer : minerais de fer, chrome, manganèse, fers, fontes, aciers, alliages métallurgiques, sous-produits, matériaux réfractaires, huiles, eaux, etc. C'est un excellent manuel qui a sa place marquée dans tous les laboratoires des chimistes métallurgistes. — E. M.

Courants alternatifs (Vingt leçons pratiques sur les), 2^e édition corrigée et entièrement mise à jour, par E. NICOLAS, professeur à l'Ecole Nationale professionnelle d'Armentières. — 1 vol. in-8° raisin avec gravures; broché, 5 fr. (Henry Paulin et Cie, éditeurs. Paris, 1911.)

L'auteur s'est attaché à rendre plus expérimentales encore que dans l'édition précédente ces vingt leçons pratiques sur les Courants alternatifs.

Pour être moins théorique encore, il a supprimé deux leçons sur le condensateur, le condensateur et la self-induction combinés, qui intéressent peu l'industrie.

Par contre, il a rendu indépendant, en une leçon, le démarrage des moteurs triphasés asynchrones, suivant une classification inédite. Une leçon sur la traction par courant alternatif est également indépendante de la leçon sur les moteurs monophasés à collecteur.

Cet ouvrage bien documenté est conçu dans un esprit essentiellement pratique, et cette partie délicate de l'électrotechnique est exposée avec méthode et clarté. — J. M.

Gazogènes et moteurs à gaz pauvre à la portée de tous, par A. CHAMPLY, ingénieur. — 1 vol. gr. in-8° broché de 200 pages avec 70 figures, 7 fr. 50. (H. Desforges, éditeur. Paris, 1911.)

Cet ouvrage de vulgarisation est consacré au gaz pauvre et à son utilisation pratique. Il n'a pas la prétention de s'adresser aux spécialistes, mais aux industriels, aux agriculteurs, aux élèves de nos écoles techniques élémentaires qui veulent se rendre compte des progrès de ses applications à la production de la force motrice, à la propulsion et à la traction, au chauffage et à l'éclairage, etc. — L. L.

La Géologie et les richesses minérales de l'Asie, par L. DE LAUNAY, ingénieur en chef des Mines, professeur à l'Ecole supérieure des Mines et à l'Ecole des ponts et chaussées. — 1 vol. in-8°, contenant 82 figures avec 10 planches hors texte dont 3 en couleurs, relié, 35 fr. (Béranger, éditeur, Paris, 1911.)

Cet ouvrage est essentiellement pratique et à ce titre il rendra de grands services à ceux qui désirent se documenter sur les richesses minérales de ces régions peu connues. On se fera une idée de l'importance des questions qui y sont traitées en parcourant le sommaire suivant : Histoire de l'industrie minérale asiatique. — Caractères généraux de l'industrie asiatique et du développement industriel en Asie; progrès des voies de communication. — La production minérale actuelle de l'Asie. — L'in-

dustrie minière de l'Asie russe; production actuelle; conditions d'exploitation; débouchés, etc. — L'industrie minière en Asie Mineure et en Perse. — L'industrie minière aux Indes britanniques et à Ceylan. — L'industrie minière dans l'Indo-Chine et l'Insulinde. — L'industrie minière en Chine. — L'industrie minière au Japon. — Histoire géologique de l'Asie; évolution de sa paléogéographie; étude de la série stratigraphique en Asie. — La formation du continent asiatique. — Gisements charbonneux de l'Asie russe. — Combustibles et minerais de manganèse du Caucase. — Géologie du Turkestan russe, du Pamir, du Tien chan, etc.; combustibles. — Géologie de la mer Egée. — Géologie de l'Asie Mineure, de l'Arménie, de la Perse; combustibles. — La géologie des Indes anglaises et les combustibles. — Géologie de la Birmanie, de la presqu'île de Malacca, de l'Indo-Chine et de la Chine méridionale; les combustibles. — Géologie de la Chine et de la Corée; les combustibles. — Géologie du Japon; combustibles. — Les formations salines asiatiques; dépôt de chlorures, sulfates, carbonates, nitrates, borates, etc. — Le pétrole en Asie. — Métallogénie de la Sibirie. — de l'Oural. — du Caucase. — du Turkestan russe. — de la mer Egée et de l'Asie Mineure. — Richesses minérales de la Perse et de l'Afghanistan. — Métallogénie de l'Inde et de Ceylan. — Richesses minérales de la presqu'île de Malacca, du Siam et de l'Insulinde. — Métallogénie de l'Indo-Chine française. — de la Chine. — du Japon. — G. H.

Lignes aériennes de transports d'énergie électrique (Introduction à l'établissement des), par OCTAVE CAHEN, ingénieur électricien. — 1 vol. in-8° de vi-308 pages, avec figures, 9 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1911.)

Dans cet ouvrage sont groupées les connaissances indispensables à l'ingénieur chargé de l'étude d'un transport de force sur lignes aériennes : piquetage, pierre angulaire de la construction et de l'exploitation techniques des réseaux, recherches des autorisations particulières : rapports avec les propriétaires, établissement des contrats et conventions, recherche des autorisations administratives, constitution matérielle des dossiers d'avant-projet et de projet définitif. — J. I.

Machines à courants alternatifs (Essais des), par G. FERROUX, professeur à l'Institut électrotechnique de Grenoble. — 1 vol. in-8° de 184 pages, broché, 2 fr. 50. (Geisler, éditeur. Paris, 1911.)

Cet ouvrage est en quelque sorte un précis d'essais industriels à l'usage des conducteurs et des électriciens. Il comprend l'essai des alternateurs, transformateurs, moteurs synchrones et asynchrones, commutateurs, moteurs à collecteur. C'est un exposé des méthodes pratiques d'essais, qui se recommande par sa clarté. — J. M.

Les Mines à l'Exposition universelle et internationale de Bruxelles de 1910 (Publications de La Technique moderne), par Ad. BREYRE, ingénieur au corps des mines de Bruxelles. — 1 vol. gr. in-8° de 36 pages, avec 41 figures. Prix, 4 fr. 50. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1911.)

C'est avant tout le caractère didactique de cette leçon de choses qu'est une Exposition que M. Breyre a traduit en passant en revue les mines à l'Exposition de Bruxelles. Il se

garde bien de faire de cette étude une sorte de catalogue détaillé énumérant les diverses expositions particulières : il groupe méthodiquement les objets exposés en les répartissant dans les divers chapitres de l'art des mines, ce qui amène tout naturellement les enseignements intéressants à signaler.

M. Breyre étudie les nouveautés à dans les divers chapitres de l'art minier : sondages et recherches, creusement de puits, transports, souterrains, exploitation-galeries, exhaure, aérage, éclairage, extraction, installations de surface, prévention des accidents.

L'étude de M. Breyre permet donc aux nombreux ingénieurs des mines auxquels les occupations journalières laissent trop peu de loisirs pour pouvoir suivre les diverses revues techniques, d'embrasser d'un seul coup d'œil l'état actuel de l'art minier. — J. C.

Das Skizzieren von Maschinenterlein in Perspektive, par M. CARL VOLK, ingénieur. — 1 vol. in-8°, cartonné toile de 37 pages, avec 68 figures, 2 francs. (Julius Springer, éditeur. Berlin, 1911.)

Ce petit livre est destiné à montrer les services que peut rendre dans l'industrie l'esquisse rapide et simplifiée des différentes pièces de machine en perspective. Des exemples et des dessins nombreux en rendent la lecture instructive et pratique. — L. V.

Travaux maritimes, par A. GUIFFART, ingénieur des ponts et chaussées. — 1 vol. gr. in-18 Jésus, cartonné toile, de 360 pages, avec 75 figures dans le texte, 5 fr. (O. Doin et fils, éditeurs. Paris, 1911.)

Dans cet ouvrage, l'auteur a exposé les conditions générales d'exécution des travaux à la mer, les principes qui guident les techniciens dans le tracé des grands établissements maritimes et dans la conception des divers ouvrages qui les composent, les circonstances dans lesquelles les sujétions inhérentes à leur exploitation doivent réagir sur les dispositifs à adopter pour ces ouvrages. Il a donc cherché avant tout à dégager les idées générales relatives à l'art des travaux maritimes, en se basant sur des exemples qui les justifient. — R. D.

Hommes et choses du P.-L.-M. — Une plaquette avec illustrations en noir et en couleur de 160 pages. Paris, 1911.

Dans une plaquette luxueusement et copieusement illustrée, la Compagnie des chemins de fer P.-L.-M. raconte l'histoire de son réseau depuis l'origine du chemin de fer en France jusqu'à nos jours. On sait que cet admirable réseau, qui dessert les plus belles régions de la France, est par son administration, par son étendue, par le confort et la rapidité de son matériel, à la tête des Compagnies de chemins de fer. Tous ceux qui s'intéressent au développement des transports liront avec plaisir la plaquette consacrée aux « hommes et choses du P.-L.-M. ». — G. R.

L'Aéroplane de l'avenir, par Henri PICQ. — Une plaquette avec gravures et plans, 1 fr. 50. (Librairie Aéronautique, Paris, 1910.)

Pour M. Picq, l'aéroplane de transport constitue l'aéroplane de l'avenir. Il expose, dans une courte notice, les plans des aéroplanes de transport de son invention. La pratique dira ce que valent les appareils de M. Picq. — M. M.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

La Technique Moderne

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

LA PROTECTION DES RÉSEAUX ET INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES CONTRE LES SURTENSIONS

1. — Considérations préliminaires.

Dans la première partie de notre étude, nous allons rappeler au lecteur le mécanisme des phénomènes de surtension dans les réseaux et installations électriques au point de vue de leur production et de leurs effets.

§ 1. — ORIGINES ET CAUSES DES SURTENSIONS.

a) *Phénomènes atmosphériques et météorologiques ou d'origine externe.* — Ces phénomènes sont les plus nombreux; ils causent

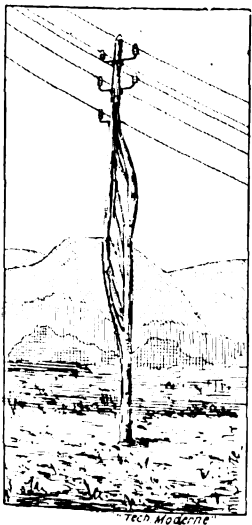


FIG. 1. — Poteau télégraphique déchaîné par la foudre. (Dessin fait d'après une photographie.)

les accidents les plus fréquents dans les installations électriques; leur caractéristique est surtout d'affecter les installations comprenant des lignes aériennes.

1) COUPS DE FOUDRE DIRECTS. —

Les coups de foudre directs sont rares, leur action destructive est généralement localisée; elle est limitée à une petite partie de l'installation, à une faible longueur de ligne.

La décharge peut être oscillante ou non; éclatant entre nuage et terre, la décharge, puisqu'elle est directe, parcourt le conducteur.

Dans le premier cas, la résistance ohmique de la ligne devient absolument négligeable vis-à-vis de l'inductance énorme que présente le conducteur: la décharge cherche donc à gagner la terre par le trajet offrant la plus faible inductance; le courant possède alors — comme une onde électrique — des nœuds et des ventres.

Dans bien des cas, il arrive que la décharge tombant sur la ligne passe directement à la terre à travers une couche d'air de plusieurs mètres, au lieu de suivre le conducteur, où elle finirait par trouver passage à la terre, à travers une couche d'air de quelques centimètres seulement; la figure 1 en donne un exemple frappant.

Enfin, pour peu que le parafoudre, placé à l'extrémité d'une ligne, ne se trouve pas exactement au ventre de l'onde, il arrive fréquemment qu'une décharge oscillante, produite à proximité

d'une station génératrice, suive un conducteur, arrive aux bornes d'une machine et de là passe directement à la carcasse ou aux électros.

Dans le second cas, lorsque le coup de foudre ne présente pas un caractère franchement oscillant, la décharge tend à suivre la ligne comme une onde de courant ordinaire, jusqu'à ce qu'elle rencontre un point où l'isolement soit faible par rapport à la terre.

Que la décharge soit oscillante ou non, l'effet le plus dangereux qu'elle produit est presque toujours la mise en court-circuit de toute l'installation, un ou plusieurs conducteurs étant mis à la terre par une dérivation de résistance très faible: l'étincelle.

2) **COUPS DE FOUDRE INDIRECTS: DÉCHARGES INDUCTIVES.** — Un coup de foudre éclate entre deux nuages ou entre nuage et terre, mais à une certaine distance de la ligne.

Il s'agit là d'une simple transmission de télégraphie sans fil: les deux nuages jouent le rôle de capacités et l'éclair de distance explosive; la ligne est l'antenne réceptrice. On conçoit facilement que les ondes produites dans ce cas peuvent être de fréquence très variable. La valeur atteinte par ces fréquences peut même être très élevée, puisque des appareils de télégraphie sans fil, accordés pour recevoir des ondes ayant des fréquences comprises entre 100 000 et 1 000 000, reçoivent au cours des orages des signaux manifestement d'origine atmosphérique.

Cela n'implique pas nécessairement, comme beaucoup se le figurent à tort, qu'on ne puisse rencontrer dans les réseaux des ondes de moyenne et même de basse fréquence d'origine atmosphérique.

Les décharges inductives provoquent dans les lignes une élévation statique de potentiel, et y induisent un courant qui sera à haute ou à basse tension et, généralement, de moyenne ou de haute fréquence; nous verrons plus loin l'effet de ces ondes dans les lignes.

3) **PHÉNOMÈNES STATIQUES NATURELS.** — Ces phénomènes sont très nombreux et ont été souvent négligés à tort; ils sont pourtant la cause d'accidents importants dans les installations.

Le vent soufflant en tempête produit des charges statiques très considérables dans les lignes.

Le passage de nuages électrisés au-dessus des lignes amène fréquemment des troubles dans les réseaux, ces troubles étant causés par les charges statiques, à haute tension parfois, qui en résultent.

La grêle produit couramment un effet identique au précédent.

On remarque souvent, dans les montagnes, qu'une même ligne traversant des couches d'air à des températures différentes, peut

être le siège de phénomènes statiques. Les *variations brusques de température* au lever et au coucher du soleil contribuent à charger aussi les lignes statiquement.

La *lumière*, de l'avis de plusieurs praticiens, aurait également la propriété de charger les lignes. Ce fait n'a rien de surprenant, car on retrouve la même analogie en télégraphie sans fil : il est bien connu que les transmissions à très longue distance s'obtiennent plus facilement la nuit que le jour.

Une ligne traversant une région accidentée pourra être influencée par le seul fait qu'elle traverse des couches d'air à des potentiels différents. On affirme même que des *variations barométriques* peuvent influencer indirectement des réseaux très étendus.

Les phénomènes naturels que nous venons de passer en revue ne sont pas les seuls qui donnent naissance à des charges statiques dans les lignes; nous pouvons citer encore les *aurores boréales* et les *feux Saint-Elme*, dont l'influence est bien connue; ces derniers phénomènes peuvent produire des perturbations à des distances considérables.

4) **TRAINS D'ONDES HERTZIENNES TRAVERSANT L'ESPACE.** — Nous venons de voir comment les lignes de transmission jouaient parfois le rôle d'antennes réceptrices, au moment de la production de décharges inductives dans l'atmosphère. On peut considérer, à plus forte raison, qu'elles jouent le même rôle en présence des ondes hertziennes traversant l'espace. Comme nous le verrons plus loin, c'est à leur influence que seraient dues plusieurs anomalies dans les lignes de transmission.

b) *Phénomènes électriques engendrés dans l'installation même, produisant les surtensions d'origine interne.*

5) **ONDES STATIONNAIRES.** — Ces ondes avaient déjà été observées dans les lignes isolées par Hertz (1); elles ont été mises en évidence expérimentalement par Lecher (2) quelques années après la découverte du premier. Ces ondes stationnaires de potentiel, avec leurs nœuds et leurs ventres, pourraient être cause, comme nous le verrons plus loin, du fonctionnement déplorable de certains parafoudres (3).

6) **PHÉNOMÈNES STATIQUES INTERNES.** — On a remarqué dans des installations à très haute tension (4) que la charge électrostatique superficielle est beaucoup plus élevée en certains points qu'en d'autres : la première spire des transformateurs, les sorties d'interrupteurs, les points des lignes où il existe des variations brusques de section, les croisements des lignes aériennes et souterraines, sont surtout le siège de ce phénomène.

7) **PHÉNOMÈNES DE RÉSONANCE DUS À L'EXISTENCE DES HARMONIQUES : Influence du voltage et de la puissance des machines génératrices.** — En général, les résonances ne sont pas à craindre dans les distributions composées de lignes aériennes.

Rappelons, en quelques mots, que lorsque les machines, et particulièrement les alternateurs, ont des ondes qui ne sont pas rigoureusement sinusoïdales, les harmoniques, même de faible amplitude dans la marche à vide, peuvent entrer en résonance quand l'alternateur est branché sur un réseau de grande capacité. Ce phénomène engendre, comme on le sait, des tensions auxquelles aucune isolation ne pourrait résister.

Lorsqu'il s'agit des réseaux souterrains, il existe, comme nous le verrons plus loin, une relation entre la puissance nominale des unités, le voltage aux bornes et la longueur totale des canalisations, qui, si elle n'est pas satisfaite, sera l'indice d'un phénomène de résonance, en cas d'existence de surtensions.

Nous verrons également au cours de cette étude que du choix de la tension des alternateurs dépendra la valeur relative des surtensions dans les réseaux; la conservation du matériel pourrait donc parfois être une conséquence de la valeur choisie pour le voltage du matériel générateur.

8) **PHÉNOMÈNES DUS AU FONCTIONNEMENT INTERMITTENT ET OCCASIONNEL DE CERTAINS ORGANES DE L'INSTALLATION : Interrupteurs, coupe-circuits, mise en circuit des moteurs synchrones, des commutatrices, des transformateurs, des gros moteurs d'induction, etc.** — Une ligne ou une canalisation importante, ayant de la capacité, étant interrompue brusquement, l'énergie accumulée dans le champ magnétique de la ligne ou de la canalisation est alors restituée.

Cette énergie disponible se manifeste au point de rupture, sous forme d'un arc, et produit en même temps la charge du condensateur constitué par la ligne ou la canalisation souterraine. Ce condensateur étant déjà chargé par la tension d'alimentation du réseau, la tension résultante pourra naturellement prendre une valeur très élevée. Le condensateur se déchargeant à son tour tend à réformer le champ magnétique disparu et ainsi de suite. Il en résulte donc la production d'oscillations s'accomplissant dans un temps donné, appelé *période d'oscillation propre* du circuit considéré.

De fortes surtensions peuvent également être produites sans qu'il y ait interruption complète du circuit en un point, par suite d'une subite variation de charge. C'est là une conséquence naturelle de perturbations dans l'énergie électromagnétique de la ligne se traduisant par la production d'oscillations dans les réseaux, accompagnées de fortes surélévations de tension.

Les mêmes effets se reproduisent naturellement lors de la mise en circuit des moteurs asynchrones et synchrones de grande puissance, ou par le fonctionnement normal des lampes à arc.

Dans ce même ordre d'idées, on trouvera naturel que nous rappelions la source nombreuse de surtensions qu'est la mise en parallèle des alternateurs : cette opération donne naissance à des oscillations bien caractéristiques dans les réseaux.

Le fonctionnement, même en régime normal, des commutatrices est, lui aussi, une cause de surtensions, du fait que ces machines engendrent souvent des harmoniques du 5^e ou du 7^e ordre.

Nous reviendrons plus tard en détail sur l'importance de ces phénomènes.

9) **PHÉNOMÈNES PUREMENT ACCIDENTELS : Courts-circuits, ruptures d'isolateur, de fil, de câble.** — On pourrait répéter ici ce que nous venons de dire dans le paragraphe précédent; toutefois, les conséquences résultant de la production des surtensions peuvent être plus graves, dans ce cas, étant donné le caractère accidentel même de ces phénomènes.

10) **FONCTIONNEMENT NORMAL OU ACCIDENTEL DES PARAFODRES.** — On peut affirmer qu'une des plus grandes sources d'accidents dans les installations, est le fonctionnement intempestif, voire même normal, des parafoudres. Ils sont capables de produire des surtensions très fortes dans les réseaux, au moment de leur fonctionnement. L'installation de certains parafoudres constitue même un véritable danger dans les réseaux et on ne pourrait donc être assez prudent dans leur choix.

Cette question étant, à notre avis, très importante, nous la traiterons avec beaucoup de détails dans la suite.

§ 2. — ACCIDENTS PROVOQUÉS PAR LES SURTENSIONS DANS LES RÉSEAUX ET INSTALLATIONS.

Avant d'entreprendre une étude complète sur la protection des réseaux, il est nécessaire de faire connaître au lecteur l'importance exacte des dégâts et dommages qui peuvent résulter de l'existence des surtensions de toutes natures dans les installations électriques. Nous croyons bon d'insister sur cette question.

(1) *Wied. Ann.*, 1892, p. 555.

(2) *Wied. Ann.*, 1898, p. 850.

(3) Slaby a fait l'étude de ces ondes le long des antennes de son appareil radiotélégraphique, lequel est basé presque exclusivement sur la considération des ondes stationnaires.

(4) Généralement à partir de 45 000 volts.

dès le début de cette étude, parce qu'elle fera mieux comprendre, ultérieurement, par quoi pèchent les installations de protection existantes et dans quel esprit les améliorations doivent être faites.

La revue rapide que nous venons de faire des origines et causes nombreuses des surtensions, nous explique pourquoi, il y a quelques années, on redoutait tant les effets de ces phénomènes.

Or, l'expérience de ces dernières années a montré qu'il arrive relativement peu d'accidents causés par les surtensions, malgré le grand nombre de ces dernières. L'idée assez fausse qu'on se fait de ces accidents provient uniquement de l'habitude prise par les auteurs, qui se sont occupés de la question, de n'envisager, dans leurs travaux, que des cas exceptionnels, réunissant le maximum de circonstances défavorables, c'est-à-dire des cas qui ne se présentent jamais.

Cela ne veut pas dire que les accidents causés par les surtensions n'existent pas. On peut même dire qu'il s'en produit dans presque toutes les installations, mais nous sommes convaincu qu'une application rationnelle des mesures de protection réussira, bientôt, à en supprimer complètement les effets.

Les accidents matériels produits par les surtensions peuvent intéresser n'importe quelle partie de l'installation. Ils se divisent en accidents dus à une action lente ou instantanée de ces phénomènes. Dans le premier cas, ils sont une conséquence simple de leur continuité ou de leur répétition. Dans le second cas, ils sont, au contraire, le résultat d'une manifestation unique, parfois même locale.

A la première de ces deux catégories, se rattachent les accidents dus à une altération plus ou moins étendue des enroulements des machines, ou de la partie isolante des câbles, et leur enlevant, avec le temps, leurs qualités de résistance.

Sous l'effet des effluves produites par les surtensions, les parties isolées des machines sont attaquées. L'ozone dégagé par la micanite et ses succédanés oxyde très rapidement l'isolation au coton des enroulements. Nous avons vu fréquemment des moteurs complètement brûlés de la sorte. Qu'un accident un peu plus grave se produise, par exemple la production d'un court-circuit au voisinage du tableau, et même, si l'on vient simplement à demander une surcharge de quelque durée à une machine attaquée de la sorte, il n'en faut pas plus pour la mettre complètement hors service.

Les installations qui ne sont pas protégées efficacement contre les surtensions permanentes, — comme c'est notamment le cas dans les réseaux urbains possédant de longues canalisations souterraines, — sont surtout le siège de ces phénomènes. Les constructeurs n'apporteront jamais assez de soins, dans ces installations, à la confection des bobinages des alternateurs et transformateurs, qui sont exposés, plus que d'autres, à l'action des phénomènes de désagrégation des isolants.

Il peut arriver aussi, qu'une machine, encore saine dans toutes ses parties, soit « foudroyée » ; la machine, soumise à une surtension accidentelle trop forte, a son isolation nettement percée en un ou plusieurs endroits.

Cet accident — qui heureusement ne se produit que très rarement — est grave, car il est capable d'amener un court-circuit prononcé sur la machine elle-même, qui peut la mettre complètement hors service, si le court-circuit destructeur a le temps de produire tout son effet⁽¹⁾.

Les accidents causés par les surtensions et ayant un caractère d'instantanéité, se produisent surtout à l'appareillage et au matériel d'isolation des lignes et câbles ; en ce cas, le foudroiement

est presque toujours accompagné d'une forte perte à la terre à l'endroit où il se produit.

Les ruptures d'isolateurs sont des accidents bien caractéristiques de cette catégorie ; un arc s'amorce entre le conducteur et la masse et, pour peu que l'étincelle soit bien nourrie, l'isolateur chauffé inégalement éclate, ou perd, en se vitrifiant, ses qualités normales de résistance.

Enfin, de tous les accidents dont il a été question ci-dessus, la conséquence la plus grave et sur laquelle nous croyons inutile d'insister, c'est l'interruption complète ou momentanée de service.

Tous les exploitants savent combien on est, sous ce rapport, à la merci du moindre accident, engendré souvent, comme nous le verrons, par les appareils de protection eux-mêmes.

Les phénomènes de surtensions, ainsi que nous venons de le dire, affectent les parties isolantes des machines, des appareils et des lignes. Les accidents s'y produisent toutefois d'une manière assez caractéristique, pour qu'il soit possible de distinguer, dans chaque cas, l'origine même des surtensions qui les ont provoqués.

Il nous vient tout naturellement à l'esprit de rappeler au lecteur les effets curieux, engendrés dans les enroulements des machines, par les phénomènes de haute fréquence.

Il n'est pas nécessaire que la valeur absolue de ces surtensions soit élevée pour que les dommages puissent être considérables.

Ces accidents, qui se produisent surtout aux transformateurs, intéressent les premières bobines, qu'on trouve parfois complètement brûlées. Toute autre chose est une rupture provoquée, par exemple, par une décharge statique superficielle, qui n'intéressera, elle, que la première spire de cet appareil.

D'ores et déjà, le lecteur se rendra compte de l'intérêt de bien connaître le mécanisme de chacun des phénomènes qui ont été passés en revue plus haut. La recherche de l'origine des surtensions dans les installations s'impose, car elle conduit à l'application rationnelle et méthodique des moyens de protection.

§ 3. — PRINCIPES GÉNÉRAUX SUR LA PROTECTION DES RÉSEAUX ET INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES.

Pour en finir avec le chapitre des considérations préliminaires et avant d'entrer au cœur même de notre sujet, nous croyons nécessaire d'exposer, en quelques lignes, les idées générales sur lesquelles nous nous baserons dans la recherche des dispositifs de protection contre les surtensions.

Comme tout accident capable de contrarier l'exploitation est préjudiciable, on cherchera avant tout à éviter les accidents matériels, soit aux machines, soit aux différentes parties de l'installation, de manière que les interruptions de service ne puissent se produire d'aucune façon.

Il importe, d'abord, que la protection contre les surtensions soit *complète*, c'est-à-dire que l'installation soit protégée dans toutes ses parties : machines, appareils, lignes, câbles, etc. Rappelons que, souvent, cette protection ne s'applique simplement qu'à une petite partie des réseaux. Placés aux extrémités des lignes aériennes ou des canalisations souterraines, les mêmes appareils sont appelés à protéger à la fois et les machines et les réseaux : de ce fait, l'efficacité des parafoudres devient illusoire.

La protection devra être non seulement *complète*, mais encore *efficace*. On ne peut admettre, en aucun cas, que le fonctionnement des parafoudres puisse entraver, de quelque façon, le service de l'installation.

Enfin, les dispositions devront être *simples* : elles ne pourront donc demander de surveillance. Les dispositifs de protection, laissés complètement à eux-mêmes, ne doivent pas être une cause de sujétions continuelles pour l'exploitant.

(1) Il est généralement produit par les décharges oscillantes ou inductives de la foudre, ou lorsque la tension statique superficielle atteint en un point du circuit une valeur trop forte, etc.

Il est intéressant de comparer et même d'opposer aux principes généraux que nous venons d'énoncer ci-dessus — et s'appliquant aux dispositifs de protection contre les surtensions — les principes qui régissent le choix des dispositifs de protection contre les surélévations de courant. Ces dispositifs sont généralement prévus avec relais à temps, agissant directement sur l'interrupteur.

Le relais à temps a pour fonction de différer le moment de l'ouverture de l'interrupteur. S'il ne s'agit donc que d'une surcharge momentanée, l'interruption du circuit n'a pas lieu. Ce n'est qu'à la suite d'une surcharge prolongée du courant que l'ouverture de l'interrupteur finit par se produire. Autrement dit, la crainte qu'ont les exploitants d'avoir des interruptions de service les a poussés à prévoir, comme appareils de protection, limitant l'intensité du courant, des relais à action différée plutôt qu'à action instantanée. Les machines et appareils sont donc construits de manière à pouvoir supporter des surcharges de courant momentanées, et ne sont protégées efficacement qu'en cas de surcharge durable.

Dans le cas qui nous occupe, c'est-à-dire celui des surtensions, on sait que ces dernières sont également de deux natures, les unes moins importantes, parce qu'elles ne mettent en jeu que de faibles quantités d'énergie ou n'agissent que pendant des laps de temps très courts, les autres plus fortes ou d'une durée d'application plus longue. Aux premières, on opposera des mesures de protection indirectes ou préventives, consistant principalement en des améliorations apportées à la construction même des

machines et de l'appareillage; aux deuxièmes, on appliquera les mesures de protection directes : les parafoudres, les limiteurs de tension, etc.

Comme les phénomènes de surtensions se rencontrent, dans les installations, plus fréquemment que ceux dus à des surélévations de courant, il ne serait pas possible d'envisager des appareils de protection agissant, comme pour les seconds, sur les interrupteurs généraux et provoquant leur ouverture. Des dispositions de ce genre — bien qu'elles puissent être réalisées — ne présenteraient, en réalité, que des inconvénients; elles seraient tout au plus capables d'entraver à chaque instant la bonne marche de l'installation, aussi nous ne les envisagerons même pas.

La protection d'une installation électrique contre les phénomènes de surtensions est, comme on le voit, un problème essentiellement complexe. Le choix des dispositions devra être le fruit d'une étude approfondie, puisque les conditions d'établissement varient du tout au tout, suivant la nature du courant, la grandeur de la tension, la disposition des réseaux, la région qu'ils desservent : nous commencerons donc notre étude sans plus tarder.

Nous subdiviserons les dispositifs de protection contre les surtensions, comme nous l'avons fait plus haut, en procédés *indirects* et en procédés *directs* : une revue rapide des premiers sera faite dans notre prochain chapitre.

(A suivre.)

G. CAPART,

Ingénieur de la Société Brown, Boveri et Cie

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

RÉGULATION DES GROUPES ÉLECTROGÈNES¹⁾

(Suite.)

POINTS CAPITAUX DU FONCTIONNEMENT DES RÉGULATEURS DIRECTS.

Quelques faits essentiels sont à noter :

I. LE PRINCIPE DES SURCHARGES. — La formule d'équilibre relatif du régulateur de Watt :

$$h = \frac{g}{\omega^2}$$

modifiée par l'addition d'une surcharge au manchon devient :

$$h = \frac{g}{\omega^2} \left(1 + \lambda \frac{Q}{P} \right)$$

P, poids des boules,

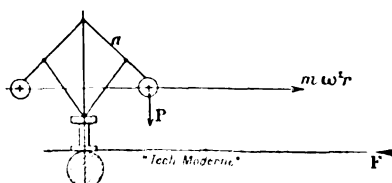


FIG. 11. — Régulateur direct à surcharge (type Porter).

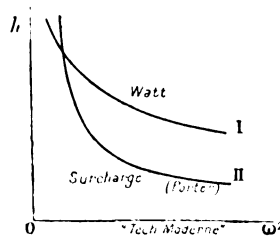


FIG. 12. — Régulateur direct à surcharge. Amélioration de l'isochronisme par rapport au type de Watt.

Q, surcharge appliquée au manchon (type Porter, fig. 11).

L'emploi d'une surcharge Q, considérable par rapport à P, permet d'avoir une caractéristique (fig. 12, courbe II) du tachymètre beaucoup plus montante (régulateur beaucoup plus bas) que dans le cas du régulateur de Watt.

On peut donc améliorer l'isochronisme relatif du régulateur.

II. L'APPLICATION DU PRINCIPE DES SURCHARGES A LA FIXATION DE LA SENSIBILITÉ D'UN RÉGULATEUR. — Soit f l'effort de frottement du manchon sur l'arbre au départ et les efforts de frottement du mécanisme transportés au manchon. On a aisément, en appelant ω_2 et ω_1 les vitesses extrêmes de départ du régulateur encadrant la vitesse ω , le régulateur se mettant en route pour l'ouverture ou la fermeture :

$$\frac{\lambda f}{P} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega} = E,$$

dans le cas du régulateur de Watt ordinaire, et :

$$\frac{\lambda f}{P + \lambda Q} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega} = E,$$

dans le cas du régulateur à surcharge, E, étant l'écart relatif de vitesse dû à la sensibilité.

Rappelons que f , frottement au départ, est quelquefois égal à 1 kg à 1,5 kg dans les tachymètres, type Watt.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 9 (septembre 1911), p. 485.

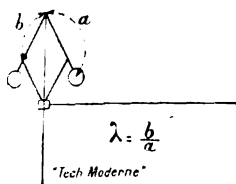


FIG. 13. — Régulateur type de Watt, avec rapport λ quelconque; calcul de la sensibilité.

Si l'on prend (fig. 13) :

$$\lambda = \frac{1}{2},$$

$$P = 30 \text{ kgs.}$$

$$f = 1 \text{ kg } 5.$$

valeur fréquemment rencontrée dans les tachymètres de Watt, on a :

$$E_s = \frac{1,5}{2} \times \frac{1}{30} = \frac{1,5}{2 \times 30} = \frac{1}{40}.$$

Ainsi, l'écart relatif de vitesse, dû à la sensibilité, serait de $\frac{1}{40}$ dans ce cas.

APPLICATION DU PRINCIPE DES SURCHARGES A DES RÉGULATEURS-TACHYMÈTRES WATT MODIFIÉS AVEC ADDITION DE RESSORTS SUR L'ARBRE DU RÉGULATEUR (RESSORTS DONT L'ACTION EST DE SENS CONTRAIRE A CEUX DES EFFORTS DUS A LA FORCE CENTRIFUGE).

Ce système a toujours pour objet d'obvier aux inconvénients déjà signalés du régulateur de Watt, donc d'augmenter son degré d'isochronisme, en réalisant l'équilibre au moyen de forces très puissantes égales et opposées, variant très vite quand la position du tachymètre varie, alors que le poids des boules, seule force

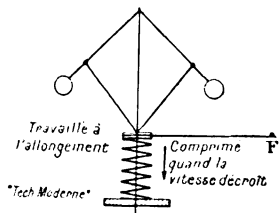


FIG. 14. — Régulateur direct à ressort inférieur monté sur l'arbre.

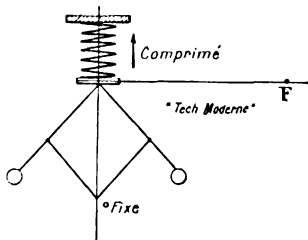


FIG. 15. — Régulateur direct à ressort supérieur monté sur l'arbre.

mise en jeu dans le régulateur de Watt pour combattre les forces centrifuges, resterait, comme on sait, inchangé.

Tels sont les régulateurs à ressort des figures 14 et 15.

RÉGULATEURS A RESSORTS. — Généralement, ces ressorts ont un effet antagoniste par rapport à celui de l'effort centrifuge, de manière à limiter encore plus la zone d'action du régulateur.

Etudions le fonctionnement d'un tel système. C'est, en somme, une surcharge dont la valeur est variable. Soit :

F , action du ressort $= A(l - l_0)$,

$l - l_0$, allongement,

A , constante appropriée.

Nous aurons ainsi :

$$h = \frac{g}{\omega^2} \left[1 + \lambda \frac{F}{P} \right]$$

avec :

$$F = A(l - l_0)$$

et :

$$A(l - l_0) = B(h' - b),$$

b , constante,

h' , hauteur du manchon au-dessus du plan horizontal de définition; ou :

$$A(l - l_0) = B(h' - b) = C(c - h);$$

d'où la formule d'équilibre, avec C et c , nouvelles constantes :

$$h = \frac{g}{\omega^2} \left[1 + \frac{\lambda C}{P} (c - h) \right];$$

ou encore, en posant :

$$a = \frac{\lambda C}{P},$$

$$h = \frac{g}{\omega^2} [1 + a(c - h)];$$

d'où :

$$h[\omega^2 + ag] = g(1 + ac).$$

Si l'on pose $\omega^2 = z$, la construction de l'hyperbole $f(h, z) = 0$ est immédiate :

$$h(z + ag) = g(1 + ac).$$

On en conclut aisément une amélioration de l'isochronisme de ce régulateur.

AUTRE TYPE DE RÉGULATEUR DIRECT (TRÈS EMPLOYÉ). — Axe horizontal : intervention de l'effort seul des ressorts, poids des boules négligeable et ne donnant naissance à aucun travail (fig. 16).

L'admission e baisse quand ω croît, le ressort travaillant à la compression quand ω croît, c'est-à-dire pour e baissant. L'équilibre des moments autour du point F nous donne l'équation :

$$A\omega^2 r = B(l_0 - l).$$

Mais :

$$l_0 - l = b(r - a).$$

Donc :

$$A\omega^2 r = B'(r - a),$$

A, B, B', b, a étant des constantes appropriées.

Nous retrouvons encore, sous une forme un peu différente, l'équation d'équilibre de ce régulateur.

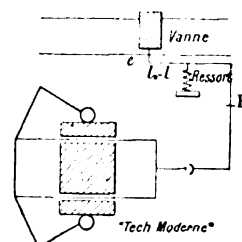


FIG. 16. — Régulateur à axe horizontal et à ressorts.

COMPARAISON DES RÔLES DU VOLANT ET DU RÉGULATEUR EN RÉGIME PERMANENT.

Tout en renvoyant, pour plus de détails sur cette question, le lecteur aux traités spéciaux parus sur la matière, signalons néanmoins, en un mot, la nécessité de fixer la sensibilité du régulateur, en tenant compte de l'écart relatif des vitesses instantanées imposées par le volant.

En appelant respectivement E_s et ε les écarts relatifs de vitesse dus à la sensibilité du régulateur et à la présence du volant, nous aurons comme condition, pour que le volant n'agisse pas par tour (fig. 17) :

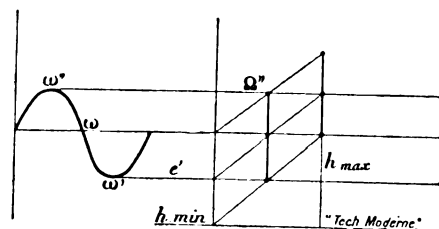


FIG. 17. — Fixation de la sensibilité du régulateur; ses relations avec l'écart relatif de vitesse dû au volant.

le volant n'agisse pas par tour (fig. 17) :

$$\varepsilon_{\text{volant}} < E_s \text{ régulateur.}$$

Un régulateur trop sensible affolerait le système.

E_s (écart relatif dû à la sensibilité du régulateur) est souvent pris égal à 2, 3, 4 ou 5 fois ε (volant).

Le volant est combiné de manière à avoir une régularité cyclique donnée de $\frac{2}{100} = 0,02$ pour les machines à courant continu; $\frac{1}{100} = 0,01$ pour les dynamos en parallèle; $\frac{1}{200}$ pour les alternateurs.

On prendra $E_s = 3\varepsilon$ par exemple. Donc :

$$E_s = 0,015 \text{ (ou } 0,02 \text{ pour } E_s = 4\varepsilon)$$

dans le cas d'alternateurs en parallèle.

III. — Fonctionnement du régulateur direct dans le cas d'une perturbation.

EFFET D'UNE PERTURBATION. — Considérons un régulateur direct en équilibre. Appelons C_{m_0} et C_{r_0} les valeurs initiales du couple moteur et du couple résistant. Ce sera, par exemple dans le cas d'un réseau d'éclairage, la résistance du réseau qui, en variant, provoquera une modification du couple générateur. Nous aurons ainsi, avant la perturbation :

$$C_m = \frac{U^2}{2\pi N R},$$

et après :

$$C'_m = \frac{U^2}{2\pi N' R'},$$

en supposant que les tensions soient redevenues, par le jeu des organes régulateurs électriques, les mêmes après la perturbation. La vitesse N' peut être légèrement différente de N ; elle doit même l'être dans le cas d'un régulateur direct. Nous supposons que, si N_0 représente la vitesse moyenne de marche du groupe, $N = N' = N_0$, pour simplifier.

Ainsi, dans le cas d'un groupe électrogène, même si R vient à varier brusquement (nouvelle valeur R'), le couple générateur sera fonction de N (vitesse durant la perturbation).

Il sera donc fonction de la vitesse dans le cas général :

$$C_m = \frac{U^2}{2\pi N R},$$

U lui-même étant une fonction plus ou moins complexe de la vitesse, suivant le mode de régulation électrique adopté.

Supposons, pour simplifier, que C_r varie brusquement, donc indépendamment de la vitesse. Cette hypothèse, bien que peu compatible avec ce que nous savons du fonctionnement des groupes électrogènes, est néanmoins utile, car elle permet de traiter le problème beaucoup plus simplement ; bien que la

variabilité du couple résistant avec la vitesse pendant la perturbation modifie, plus ou moins, les écarts de vitesse calculés avec l'hypothèse de C_r indépendant de la vitesse, quand la perturbation est terminée, les résultats obtenus par les deux voies sont évidemment les mêmes. On remarquera, en effet, que, lorsque la perturbation est terminée (et elle l'est toujours en pratique), l'admission a pris une nouvelle valeur e_1 , la vitesse une nouvelle valeur ω_1 , le manchon une nouvelle position h_1 , telles que :

$$h_1 = \frac{g}{\omega_1^2},$$

$$h_1 = a e_1 + b,$$

a et b constantes (fig. 18) (hypothèse du régulateur de Watt).

ETUDE D'UNE PERTURBATION. C_r INDÉPENDANT DE LA VITESSE. — Soit $C_{m_0} = C_{r_0}$ et ω_0 la vitesse de régime (donnée par la position du régulateur tachymètre correspondant à une admission déterminée). Nous aurons, à chaque instant :

$$C_{m_0} - C_r = K \frac{d\omega}{dt}.$$

Le régulateur doit alors procéder à une fermeture partielle de l'admission. Le régulateur ne part que lorsque la vitesse est devenue ω_1 (sur la caractéristique de fermeture) (fig. 19). L'accroissement de vitesse est uniforme :

$$C_{m_0} - C_{r_1} = K \frac{d\omega}{dt} = \Gamma$$

la différence Γ des couples,

$$C_{m_0} - C_{r_1} = K \frac{d\omega}{dt}$$

étant constante et C_m restant inchangé puisque le tachymètre n'agit pas encore.

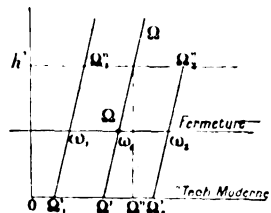


FIG. 19. — Régulateur direct. Fonctionnement au cours d'une perturbation. (Représentation graphique.)

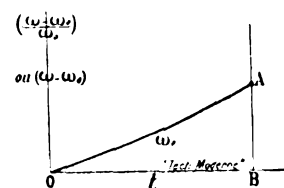


FIG. 20. — Régulateur direct. Calcul du premier temps de la perturbation.

On a évidemment, en intégrant l'expression ci-dessus :

$$K(\omega - \omega_0) = \Gamma t.$$

La représentation graphique de la variation de vitesse absolue $\omega - \omega_0$ ou relative $\frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}$ (c'est une question d'échelle [$\omega_0 = \omega$]) est donc la droite de la figure 20.

CALCUL DU TEMPS NÉCESSAIRE AU RÉGULATEUR POUR COMMENCER À AGIR.

Posons $\omega = \omega_1$ dans la formule ci-dessus ; il vient, en appelant $E_s = \frac{1}{s}$ l'écart relatif de vitesse dû à la sensibilité du régulateur :

$$\theta = \frac{K(\omega_1 - \omega_0)}{\Gamma} = K_s \cdot \frac{E_s \omega_0}{2\Gamma},$$

et par une transformation facile :

$$\theta = K \omega_0^2 \cdot \frac{1}{\Gamma \omega} \cdot \frac{E_s}{2},$$

$$\theta = E_s \cdot \frac{\frac{K \omega_0^2}{2}}{\Gamma \omega},$$

$$\theta = E_s \cdot \frac{W_0}{\Gamma \omega},$$

en appelant W_0 l'énergie cinétique du système à la vitesse ω_0 . La durée du premier temps de la perturbation (immobilité du régulateur) est donc :

$$\theta = \frac{K(\omega_1 - \omega_0)}{\Gamma} = E_s \cdot \frac{W_0}{\Gamma \omega}.$$

(A suivre.)

L. BARBILLION,

Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble.
Directeur de l'Institut électrotechnique.

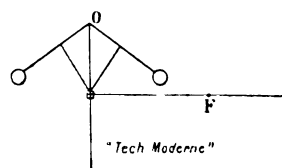


FIG. 18. — Régulateur direct. Relation entre la position du manchon et l'admission.

l'admission a pris une nouvelle valeur e_1 , la vitesse une nouvelle valeur ω_1 , le manchon une nouvelle position h_1 , telles que :

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

PROCÉDÉS ACTUELS DE PRÉPARATION DES FILAMENTS MÉTALLIQUES
POUR LAMPES A INCANDESCENCE

Les lampes à filaments métalliques ont déjà fait l'objet de nombreuses études tant au point de vue théorique que pratique. On n'a cependant pas assez insisté, à notre avis, sur les caractéristiques des filaments qu'elles utilisent et sur les propriétés que doivent posséder ces derniers pour pouvoir concurrencer d'une façon économique la lampe à filament de carbone.

I. — Propriétés essentielles que doivent posséder les filaments métalliques.

Pour pouvoir assurer une longue durée de service et atteindre un rendement lumineux suffisant, les filaments métalliques doivent posséder les qualités suivantes :

1° **RADIATION TRÈS SÉLECTIVE.** — De tous les métaux étudiés jusqu'ici, le platine est celui dont la radiation est la plus sélective, c'est-à-dire qui renferme le plus, à température égale, de rayons visibles par rapport aux rayons obscurs.

Le tungstène et le tantale possèdent également cette propriété, mais à un degré moindre. Comme leur point de fusion est supérieur à celui du platine et que la radiation visible croît avec la température, il s'ensuit que ce dernier métal perd sa supériorité au point de vue du rendement lumineux maximum qu'on peut ainsi atteindre.

2° **POINT DE FUSION ÉLEVÉ.** — Cette condition est essentielle d'après ce qui précède, et cette propriété élimine de la liste des métaux tous ceux qui fondent ou se volatilisent au-dessous de 2000°. Il ne reste donc que l'osmium, le tantale, le tungstène, le molybdène et le zirconium, métaux peu avides d'azote et peu oxydables en présence de la vapeur d'eau.

Nous donnons ci-dessous la température de fusion approximative de ces métaux :

Osmium.	2 500°C
Tantale.	2 275
Tungstène.	3 100
Molybdène.	2 000
Zirconium.	2 300

Le platine ne peut convenir, son point de fusion étant inférieur à 1800°C (1).

3° **RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE SUFFISANTE.** — Cette propriété dispense d'employer des filaments de trop grande longueur. Malheureusement les métaux précédents sont tous beaucoup plus conducteurs que le carbone, même à leur température de fonctionnement, et bien que possédant un coefficient de résistivité positif. Voici notamment quelques chiffres intéressants à cet égard pour trois de ces métaux par comparaison avec un filament de carbone de même longueur et de même section :

CORPS INCANDESCENTS	RÉSISTANCE DE 1 M. DE FIL DE 1 MM ²	
	A froid	A chaud
Carbone	0,630 ω	8,37 ω
Osmium	0,095	0,80
Tantale	0,165	0,83
Tungstène.	0,070	0,76

(1) D'après M. Violle, le point de fusion du platine serait de 1775°C; d'après Holborn et Henning, il ne serait que de 1718°C Harker a trouvé 1710°C par l'application des méthodes thermo-électriques.

Il en résulte qu'on est obligé, pour compenser les faibles résistivités de ces métaux par rapport à celle du carbone, de les employer en filaments de grande longueur dans les lampes d'intensité suffisante, soit de 40 cm à 80 cm pour des diamètres compris entre 2/100 et 3/100 de mm. Nous voyons de suite qu'avec le platine on arriverait à des longueurs encore plus exagérées. En supposant, en effet, que la résistivité de ce métal varie suivant la formule :

$$\rho_\theta = \rho_0(1 + 0,004\theta - 0,0000005\theta^2),$$

ρ désignant la résistivité et θ la température d'incandescence du platine que nous supposerons égale à 1600° C, nous aurons, en prenant pour la résistivité à 0° C le chiffre de 11 microhms-cm. :

$$\rho_{1600} = 11[1 + (0,004 \times 1600) - (0,0000005 \times 1600^2)] = 67,3 \text{ micr. cm.}$$

Or, la résistivité d'un filament de carbone d'une lampe normale (32 bougies, 110 volts, 0,9 ampère) est de 1242 microhms-cm. Donc, à égalité de résistivité et de section, un filament de platine aurait une longueur 18,4 fois plus grande qu'un filament de carbone, ce qu'il est évidemment impossible de réaliser dans la pratique avec les ampoules de dimensions ordinaires.

4° **TRÈS GRANDES TÉNACITÉ ET DUCTILITÉ.** — Ces propriétés sont importantes, car elles permettent en partie d'aller à l'encontre de l'inconvénient précédent en réduisant au minimum le diamètre des filaments. Elles assurent également la longévité de ces derniers. C'est ainsi que le tantale peut être étiré en fils n'ayant que 0^{mm},03 de diamètre. Sa résistance mécanique est de 93 kg, par millimètre carré de section. Après le fer, il est donc le plus tenace de tous les métaux; il est vrai cependant qu'une très faible dose d'impuretés diminue ces qualités dans une grande proportion.

Le diamètre des filaments est naturellement lié à celui des filières en diamant que l'on emploie à cet effet et qu'on ne peut guère réduire au-dessous de 4/100 à 5/100 de mm, alors que, pour le tungstène en particulier, il serait désirable de ne pas dépasser 0^{mm},02 à 0^{mm},03 afin d'éviter de trop grandes longueurs (1).

II. — Procédés généraux de préparation des filaments.

On a imaginé et utilisé, dans ces dernières années, un grand nombre de procédés permettant de réaliser d'une façon méthodique la fabrication des filaments pour lampes à incandescence. Si l'on s'en tient cependant uniquement à ceux qui ont été mis en pratique, on peut les classer de la façon suivante :

1° **POUDRE MÉTALLIQUE AGGLOMÉRÉE EN SOLUTION COLLOÏDALE.** — On sait que les colloïdes sont des substances amorphes (gelée, gomme arabique) dont la pseudo-dissolution dans l'eau apparaît comme une suspension de la matière à un état très avancé de subdivision. Une solution colloïdale d'un métal est donc une solution dans laquelle de fines particules de ce métal se trouvent en suspension, le nombre de particules pouvant dépasser 3000 par millimètre cube (cas de l'argent).

(1) V. notre ouvrage sur *Les lampes électriques à arc, à incandescence et à luminescence*, à paraître en novembre. — Dunod et Pinat, éditeurs.

Pour obtenir une solution colloïdale d'un métal donné, on peut opérer de plusieurs façons. En faisant jaillir dans l'eau un arc entre des électrodes formées de ce métal, l'eau devient trouble et reste dans cet état quel que soit le nombre de filtrations qu'on lui fait ensuite subir : on dit que cette eau renferme le métal à l'état colloïdal.

Au point de vue qui nous occupe, la préparation des solutions métalliques colloïdales présente le grand avantage de permettre l'obtention de masses plastiques sans addition d'aucun agglomérant. Dès lors, la fabrication de filaments à l'aide de tels produits devient facilement réalisable en pratique.

Pour cela, on évapore à siccité ou l'on concentre par décantation ou dans le vide la solution colloïdale obtenue, puis on la pétrit avec de l'alcool, de la glycérine, du glycol ou tout autre corps analogue. Pendant ce pétrissage, on peut ajouter au mélange d'autres métaux destinés à former avec le premier un alliage, si cela est nécessaire, sans qu'il soit besoin d'amener ces métaux à l'état colloïdal. La pâte est ensuite comprimée à l'aide d'une presse, puis passée à la filière.

Les filaments ainsi obtenus sont séchés par évaporation, puis chauffés à 70° C environ, température suffisante pour les rendre conducteurs. On les fait alors traverser par un courant électrique d'intensité croissante, de manière à les porter graduellement à l'incandescence. Cette opération peut s'effectuer, soit dans le vide, soit dans une atmosphère d'hydrogène.

Ainsi traité, le filament métallique perd sa nature colloïdale et, vu au microscope, apparaît comme possédant très nettement la structure cristalline. Ce traitement contribue du reste aussi à donner au filament l'homogénéité que réclame son emploi.

2° COMPOSÉS MÉTALLIQUES RÉDUITS À HAUTE TEMPÉRATURE. — Ce procédé a été appliqué de différentes façons. Lux et la « General Electric Co » commencent par filer une pâte formée d'un oxyde du métal à obtenir et d'un agglomérant organique ; puis le filament est porté à l'incandescence dans le vide ou dans un gaz inerte par le passage d'un courant. Le carbone de l'agglomérant réduit l'oxyde et s'élimine sous forme d'oxyde de carbone.

Au lieu de chauffer le filament à l'aide d'un courant électrique, on peut l'introduire dans un four électrique à tube d'iridium (1800° C) traversé par de l'hydrogène. Celui-ci réduit le filament à l'état métallique et lui communique une résistance mécanique suffisante pour qu'il puisse être manipulé ensuite sans risques de se rompre, principalement au moment de son introduction dans l'ampoule.

Les sulfures et azotures de certains métaux peuvent être substitués aux oxydes dans ce traitement, mais ils donnent en général de moins bons résultats.

3° NOURRISSAGE MÉTALLIQUE ET DÉCARBURATION D'UN FILAMENT DE CARBONE. — Cette méthode, qui est très ingénieuse, consiste à déposer sur un filament ordinaire de carbone le métal dont on veut constituer le filament définitif. Le filament de carbone sert ainsi de support provisoire. En le portant à l'incandescence dans une atmosphère formée des composés réductibles du métal (hydrures, chlorures ou oxychlorures métalliques volatils), ce dernier se dépose sur son support.

Pour décarburer le filament, c'est-à-dire supprimer l'âme de carbone, on le porte de nouveau à l'incandescence dans une atmosphère d'hydrogène ou d'un gaz inerte additionné d'une petite quantité d'eau ou d'un corps gazeux oxydant analogue. Le carbone est ainsi complètement détruit au bout de peu de temps, par transformation en oxyde de carbone ou acide carbonique qui disparaissent sous forme de gaz.

4° PROCÉDÉ DE SUBSTITUTION. — Ce procédé peut être considéré comme une simplification du précédent, qui ne permet pas d'arriver aisément à l'obtention de filaments très fins. Il consiste

à porter le filament de carbone à une haute température dans une atmosphère formée d'un mélange de vapeur d'eau, en petite quantité, et du gaz de nourrissage. L'oxydation du carbone du filament initial s'effectue alors au fur et à mesure que le métal se dépose et, à la fin de l'opération, l'âme en carbone a totalement fait place au filament métallique.

Suivant le diamètre que l'on veut donner à ce dernier, on peut, soit continuer à le nourrir en le laissant dans l'atmosphère du composé réductible, soit au contraire le passer à la filière si on désire obtenir des filaments très fins. Cette dernière opération a du reste presque toujours lieu, car elle paraît indispensable pour assurer au métal l'homogénéité de structure et la densité que réclame son emploi.

III. — Filaments de tantale.

Le tantale se rencontre dans la nature principalement à l'état de *tantalites* et de *colombites*, qu'on peut considérer comme des tantalates doubles de manganèse et de fer, auxquels viennent s'ajouter des terres rares comme celles d'yttrium et de thorium. On les trouve disséminées dans un assez grand nombre de points du globe et particulièrement en Scandinavie, en Bavière, en Autriche, en Australie, dans l'Amérique du Nord.

La difficulté de préparation du métal a tenu pendant longtemps à son point de fusion élevé. C'est Berzélius qui l'a obtenu le premier sous forme d'une poudre grisâtre de densité égale à 10,08 en décomposant le fluotantalate de potassium par le potassium. Rose l'a préparé en substituant, dans la méthode précédente, le sodium au potassium comme sel et comme réducteur. Children, en électrolysant l'acide tantanique, obtint un métal de couleur jaune rougeâtre.

Plus récemment, en 1902, Moissan prépara une assez grande quantité de tantale sous forme de fonte très peu carburée (0,5 % de carbone) en réduisant l'acide tantanique par le carbone à la température du four électrique. Le métal obtenu avait une densité égale à 12,79.

Pour purifier le tantale obtenu par les méthodes précédentes, on a également cherché à lui faire subir une nouvelle fusion dans le vide (1) et à la température de l'arc électrique. Pour cela, la poudre noire provenant des traitements chimiques antérieurs, qui contient une assez forte proportion d'acide tantanique, est tassée dans un creuset servant d'anode. Au-dessus, on place une cathode en tantale et l'on fait jaillir l'arc. La poudre entre alors en fusion et le métal pur se rassemble au fond du creuset.

PROCÉDÉ VON BOLTON. — En vue de la fabrication des filaments de lampes, Von Bolton a cherché à perfectionner les procédés indiqués précédemment en opérant de la manière suivante :

Le tétr oxyde de tantale est aggloméré sous forme d'un fil, qu'on électrolyse dans le vide en le faisant traverser par un courant électrique. L'air, emprisonné dans le fil au début de l'opération, est d'abord expulsé. On continue alors à faire le vide et, en même temps, on augmente l'intensité du courant de manière à faire croître la température du filament jusqu'au rouge blanc.

Quelques points brillants apparaissent alors dans la masse, puis ils se soudent les uns aux autres de manière à gagner finalement toute l'étendue du fil. Lorsque le métal possède le même éclat en tous ses points, c'est signe que le filament initial a été entièrement transformé en tantale. Il a du reste acquis pendant ce traitement une certaine flexibilité et sa teinte, primitivement brune, est devenue grise.

PROCÉDÉ BOUHARD. — Ce procédé, qui date de 1908, est très simple et repose sur les réactions suivantes :

(1) Le vide est essentiel, car à haute température le tantale s'oxyde en présence de l'air et perd une grande partie de ses qualités, en particulier sa ténacité et sa ductilité.

On dissout 100 parties de tantalate de potassium dans 3 000 parties d'eau, puis on ajoute de l'acide sulfurique jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité. Après plusieurs heures de repos, le précipité est filtré, lavé et repris dans 1 000 parties d'eau à 65° C.

On ajoute alors 5 % d'acide oxalique, et le précipité est redissous. L'excès d'acide oxalique est neutralisé par l'ammoniaque, et à la liqueur on ajoute 3 % d'acide sulfurique ou chlorhydrique. Le composé ainsi obtenu peut être directement électrolysé en utilisant une anode de charbon ou de platine, la cathode étant constituée par un fil très fin de platine ou même de charbon (filament de lampe). Une tension de 2 volts aux bornes du bain suffit pour provoquer le dépôt de tantale sur son support. Lorsqu'il a atteint une épaisseur suffisante, on arrête le courant et l'on substitue un second filament au premier dans le bain.

PROCÉDÉ SIEMENS ET HALSKE. — Ce procédé, qui est aussi récent que le précédent, repose sur l'emploi des rayons cathodiques pour fondre le métal. Dans ce but, la masse à fondre est placée dans une sorte d'ampoule de Crookes, au foyer même de concentration des rayons, c'est-à-dire à l'anode.

La cathode est disposée, comme d'ordinaire, en forme de miroir concave, de manière à donner naissance à un faisceau convergent de rayons.

Sous le bombardement répété de ces particules électriques, la poudre métallique entre en fusion très rapidement.

Cette méthode présente sur l'emploi de l'arc électrique l'avantage de permettre d'opérer dans le vide et aussi de diriger les rayons dans la direction exacte de la matière à fondre, ce qui réduit la dépense de courant au minimum.

IV. — Filaments de tungstène.

Les deux principaux minerais de tungstène sont le *wolfram*, tungstate de manganèse et de fer, et la *scheelite*, tungstate de calcium. On les rencontre en France (Vosges et Corrèze), en Espagne, en Amérique (Colorado, Californie, Brésil) et en Australie.

Sans nous attarder à décrire les procédés qui permettent d'obtenir ce métal sous la forme massive et fondue (1), nous donnerons le principe des différentes méthodes qui ont pour but immédiat la préparation du tungstène sans forme de filaments en vue de la fabrication des lampes à incandescence.

PROCÉDÉ KUZEL. — Le procédé Kuzel repose sur l'emploi des solutions colloïdales dont il a été déjà question plus haut. En ce qui concerne le tungstène, on opère de la façon suivante :

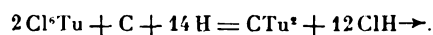
On mélange 10 kg de tungstène finement pulvérisé avec 75 kg d'une solution d'acide chlorhydrique à 15 %. On chauffe pendant 36 à 48 heures en agitant fortement et en renouvelant de temps en temps l'acide. On décante et on lave jusqu'à ce que la solution commence à passer à l'état colloïdal. On ajoute alors 75 kg d'une solution de cyanure de potassium à 1 %, puis on chauffe à nouveau au bain-marie pendant 18 à 24 heures en agitant. On lave à l'eau et l'on agite encore une fois avec une solution de caractère acide, soit de sulfate ferrique à 1 %, pendant 24 heures environ. Après avoir éliminé le fer, on reprend en solution alcaline (solution alcoolique à 2 % de monométhylamine ou à 5 % de soude caustique).

Après trois ou quatre traitements successifs, le tungstène est passé complètement en solution colloïdale avec l'eau distillée. On

le précipite entièrement de cette solution par l'addition de petites quantités d'électrolyte.

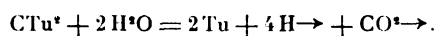
PROCÉDÉ JUST ET HANAMAN. — Ce procédé, qui repose sur la décomposition de chlorures ou d'oxychlorures de tungstène au moyen de réducteurs tels que le carbone et l'hydrogène, a été appliqué de différentes façons :

a) Dans un de leurs brevets (2), Just et Hanaman partent d'un filament de carbone semblable à ceux des lampes à incandescence ordinaires et qu'on soumet à l'action d'un courant électrique dans une atmosphère d'hexachlorure de tungstène Cl_6W , en présence d'hydrogène. Il se produit la réaction suivante :

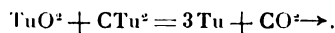


Quand le filament, formé en majeure partie de carbure de tungstène CTu^* , a acquis un diamètre suffisant, on le porte à une température élevée, par exemple à l'aide d'un courant électrique, dans une atmosphère réductrice.

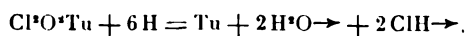
Avec la vapeur d'eau, on a la réaction ci-dessous :



On peut aussi introduire les filaments de carbure de tungstène dans un creuset réfractaire, après les avoir mis en contact intime avec un sous-oxyde de tungstène tel que TuO^* finement pulvérisé. On chauffe pendant plusieurs heures à 1 600° environ. Le carbure est ainsi dissocié et le métal mis en liberté :

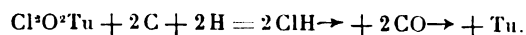


b) Les mêmes inventeurs ont utilisé une méthode différant un peu de la précédente et consistant à porter au rouge un filament de carbone dans une atmosphère formée d'un mélange d'oxychlorure de tungstène $\text{Cl}_2\text{O}^*\text{Tu}$ et d'hydrogène (3). Il se produit généralement la réaction suivante :



exprimant que le carbone ne participe pas à la réaction. Dans ce cas, il est nécessaire d'opérer à une température relativement basse et en présence d'un excès d'hydrogène.

Lorsque, au contraire, on opère avec un excès d'oxychlorure, très peu d'hydrogène et à une haute température, l'oxydation du carbone se produit. On a alors la réaction suivante :



Le filament de carbone initial se transforme ainsi peu à peu et régulièrement en tungstène métallique pur.

PROCÉDÉ DE LA « GENERAL ELECTRIC Co ». — Ce procédé repose sur la formation d'un amalgame ou d'un alliage de tungstène et sur sa dissociation ultérieure à une température suffisante en vue de ne conserver que le tungstène comme terme de l'opération.

Dans ce but, le tungstène en poudre, obtenu par la réduction du sesquioxyde par l'hydrogène, est malaxé à chaud avec un amalgame composé de cadmium et de mercure dans les proportions suivantes :

Cadmium	44 %
Mercure	56

La condition essentielle à réaliser par l'agglomérant, c'est que sa température de volatilisation soit aussi basse que possible pour éviter l'oxydation du tungstène pendant la dissociation de l'alliage.

(1) On trouvera la description des principales méthodes employées dans les laboratoires et dans l'industrie pour la préparation du tungstène et de ses alliages dans l'ouvrage de P. NICOLARDOT, *Les métaux secondaires et les terres rares*, ainsi que dans notre ouvrage sur *Les métaux spéciaux*, p. 376 et suiv.

(2) Brevet anglais, n° 11 949, année 1901.

(3) Brevet anglais, n° 151 262, année 1903.

Les matières constituantes du mélange, c'est-à-dire l'alliage précédent et le tungstène (qu'on peut incorporer dans la proportion de 30 % environ), forment une pâte qu'on passe à la filière. Les fils obtenus sont disposés dans un tube que l'on chauffe à une température suffisante pour vaporiser le mercure et les autres éléments de l'alliage, au moins en majeure partie, sauf le tungstène bien entendu. Après cette opération, ils sont devenus durs et peu cassants et sont surtout constitués par un mélange de tungstène et de cadmium. On les suspend alors à l'intérieur d'un autre récipient où l'on peut faire le vide ou maintenir une atmosphère de gaz inerte, et on les chauffe à l'aide d'un courant électrique.

Sous l'action de cette chauffe progressive, les résidus des métaux formant l'agglomérant distillent : les filaments se raccourcissent en même temps que leur porosité diminue. Finalement, on retire de l'appareil, après refroidissement, des fils peu ductiles mais doux cependant d'une certaine élasticité. On les rend ductiles en les portant à une température voisine du rouge naissant.

PROCÉDÉ WESTINGHOUSE. — On opère généralement de la façon suivante :

On part du trioxyde de tungstène, qu'on additionne de zinc dans la proportion suivante :

Trioxyde de tungstène	400 gr.
Zinc en poudre	800

On chauffe ce mélange pendant vingt minutes à 250° C environ dans un creuset de porcelaine fermé par un couvercle, puis on élève la température à 800° C et on la maintient ainsi pendant une heure.

Après refroidissement, on pulvérise le produit obtenu et on le traite, dans un bassin de porcelaine, par un mélange composé d'un demi-litre d'acide chlorhydrique (densité : 1,12) additionné d'une quantité égale d'eau et de quelques gouttes d'acide nitrique. Ce traitement, qui provoque le dégagement d'une quantité importante de gaz, est répété trois fois.

Le produit est alors chauffé au bain-marie avec un demi-litre d'acide chlorhydrique étendu de son volume d'eau, de manière à enlever entièrement l'excès de zinc et d'oxyde de zinc ; puis on lave le tungstène à grande eau pour éliminer toute trace d'acide.

La concentration s'effectue dans un mortier. On agite fréquemment la masse jusqu'à ce qu'elle soit étirable en filaments. Une fois obtenus, ces derniers sont chauffés dans un moufle à l'abri de l'air et maintenus à 800° C pendant une demi-heure.

Après refroidissement, on les fait traverser par un courant électrique dans une atmosphère d'azote et d'hydrogène. On les maintient ainsi au rouge blanc pendant un temps suffisant pour que les traces d'oxyde de tungstène que peut encore renfermer le filament passent à l'état métallique dans cette atmosphère réductrice. Au sortir de cette opération, le filament est prêt à être introduit dans son ampoule.

PROCÉDÉ SIEMENS ET HALSKE. — On utilise directement la poudre de tungstène, qu'on introduit dans un tube formé d'un métal suffisamment malléable, tel que le cuivre ou l'aluminium. Ce tube a environ 50 mm de longueur, 4 mm de diamètre extérieur et 0^{mm},2 d'épaisseur. On l'introduit à son tour dans un tube d'acier ayant 4 mm de diamètre intérieur et 4 mm d'épaisseur.

Une fois que l'air et les autres gaz occlus dans la poudre métallique ont été expulsés du cylindre par une chauffe légère, on étire l'ensemble comme s'il était formé d'une masse homogène solide et jusqu'à ce qu'on obtienne le diamètre voulu. Le tube ainsi étiré est très ductile et se compose d'un axe extrêmement fin en tungstène entouré de deux minces enveloppes métalliques. Ces dernières sont éliminées au moyen de bains successifs d'acide sulfurique et d'acide chlorhydrique.

On peut purifier ensuite le filament en le chauffant dans le vide par le passage d'un courant électrique, ce qui volatilise les éléments autres que le tungstène.

V. — Filaments d'osmium.

L'osmium se rencontre presque toujours dans la nature à l'état d'osmium-iridium, ou osmiure d'iridium, associé au minerai de platine. Il titre généralement :

Osmium	27 à 49 %
Iridium	43 à 77
Platine	0,1 à 2,8

On le trouve surtout en Russie, en Colombie, en Australie, à l'île de Bornéo. Il affecte généralement la forme de pépites de grosseurs variables. Le prix de l'osmium métallique varie entre 9 fr et 12 fr le gramme.

Le Dr Auer a, le premier, proposé l'emploi de l'osmium, il y a une dizaine d'années, pour la fabrication des filaments de lampes, ce métal ne se volatilisant ni dans le vide ni dans une atmosphère de gaz réducteurs ou inertes. Cependant, de grandes difficultés ont empêché cette fabrication de se généraliser rapidement et en particulier l'obtention de filaments suffisamment minces. Ce n'est que depuis quelques années qu'on a pu les préparer avec facilité et économie.

EMPLOI DU PLATINE COMME SUPPORT PROVISOIRE. — Dans ce procédé, un fil de platine est porté à l'incandescence par le passage d'un courant électrique dans une atmosphère de gaz d'éclairage ou autres hydrocarbures. On y injecte de temps en temps des vapeurs d'acide osmique, qui se réduit peu à peu au contact du platine incandescent sous l'action des hydrocarbures.

Le dépôt doit s'effectuer très lentement pour que l'osmium puisse se déposer sur son support par couches superposées et uniformes d'épaisseur. Lorsque le dépôt est suffisant, on porte le filament à la plus haute température possible pour volatiliser le platine. L'osmium reste alors seul sous forme d'un tube très fin.

Cette méthode présente l'inconvénient suivant : au contact du platine, l'osmium peut donner naissance à un alliage des deux métaux qui, s'il contient plus de 4 % de platine, commence à fondre lors de l'évaporation de ce métal. Par conséquent, au moment de la dernière chauffe, le filament peut se désagréger ou, tout au moins, ne plus posséder l'homogénéité et la régularité de section nécessaires.

Pour vaincre cette difficulté, c'est-à-dire pour maintenir la proportion de platine au-dessous de 4 %, on est obligé de donner au filament terminé une section près de trois fois égale à celle de l'âme en platine. On est alors conduit à des filaments d'osmium ayant 0^{mm},1 de diamètre minimum, ce qui nécessite des lampes ne fonctionnant pas à moins de 1 ampère.

ELECTROLYSE DES SOLUTIONS ACIDES D'OSMIATES. — On peut, par cette méthode, obtenir des dépôts d'osmium très pur. On sait en effet que tous les métaux, sauf les métaux précieux, donnent naissance à un dépôt d'osmium quand on les plonge dans une solution aqueuse d'acide osmique. Il est dès lors possible de recouvrir un fil de platine, préalablement cuivré, d'une couche d'osmium métallique d'épaisseur quelconque et d'éliminer ensuite les deux autres métaux.

EMPLOI DE FIBRES ORGANIQUES COMME SUPPORT PROVISOIRE. — Les fibres sont immergées dans une sorte de bouillie composée de sucre et d'acide osmique ou de sulfure d'osmium. Une fois retiré du bain et séché, le fil est replié sur lui-même, puis porté graduellement à l'incandescence dans une ampoule remplie de gaz d'éclairage. La matière organique se transforme ainsi peu à

peu en charbon pur, de sorte qu'on est finalement en présence d'un filament de carbone recouvert d'osmium.

On élève alors régulièrement la température et, en même temps, on injecte dans l'ampoule de la vapeur d'eau renfermant de l'acide osmique. Celui-ci est dissocié et le métal se dépose sur le filament, tandis que le charbon est brûlé et disparaît sous forme d'acide carbonique ou d'oxyde de carbone.

Ce procédé a été modifié en partant d'un mélange de sulfure ou de tétr oxyde d'osmium et de collodion. La pâte est passée à travers une filière, puis le collodion (nitrocellulose dissoute dans l'éther) dénitre par le sulfure d'ammonium. Une fois séché, le filament est traité comme précédemment, c'est-à-dire réduit par la double action d'une haute température et de la vapeur d'eau.

DÉCOMPOSITION DE PÂTES ORGANO-MÉTALLIQUES. — Ce procédé est celui qui est le plus employé actuellement. On part de l'osmium métallique très finement pulvérisé et qu'on mélange avec certaines matières organiques agglomérantes de façon à en constituer une pâte épaisse et consistante. Cette dernière, forcée par pression à travers une filière en diamant, est enroulée de manière à donner naissance à des filaments pouvant être recueillis sous forme de boucles. Ces filaments sont desséchés soigneusement puis carbonisés lentement dans le vide de manière à volatiliser les éléments organiques autres que le charbon.

On obtient ainsi un filament poreux, très riche en carbone, et que l'on porte graduellement à haute incandescence à l'aide d'un courant électrique. Cette opération s'effectue dans une atmosphère composée d'hydrocarbures et de vapeur d'eau mélangés. Le carbone du filament se transforme ainsi en oxyde de carbone et acide carbonique et, au bout de peu de temps, il est uniquement constitué par de l'osmium.

Au cours de ce traitement, la densité du filament a considérablement augmenté, mais il est devenu poreux et sa surface est loin d'être brillante et unie. Ce défaut n'a pas d'importance pratique, car au bout de quelques heures de fonctionnement dans l'ampoule, le filament retrouvera ses propriétés initiales sous l'influence de la chaleur dégagée par le courant électrique.

VI. — Filaments composés de métaux ou d'alliages divers.

TITANE. — Le filament de titane est utilisé dans la lampe Heang qui n'est pas encore très répandue en France. Pour l'obtenir, on part de l'azoture de titane préparé en chauffant du bioxyde de titane dans du gaz ammoniac. L'azoture est additionné d'une légère proportion d'eau et de paraffine et on le chauffe jusqu'à ce que l'un de ces derniers corps soit éliminé. On le passe à la filière, puis on le porte à une température suffisante, dans le vide, pour décomposer l'azoture. On obtient ainsi un filament dense et homogène de titane métallique pur.

Dans un autre procédé, on transforme en colloïde le bioxyde de titane, puis on le passe à la filière; on le dessèche et on le porte à haute température dans de l'hydrogène. Le bioxyde est réduit et le filament est uniquement composé de titane.

IRIDIUM. — L'iridium ne peut que difficilement être étiré en fils, bien qu'on arrive à l'obtenir en feuilles n'ayant que 0^{mm},8 d'épaisseur. Aussi, pour le transformer en filaments, est-il nécessaire de l'employer sous forme de poudre qu'on mélange avec un liant, comme dans plusieurs des méthodes précédentes.

L'alliage *osmium-iridium* est utilisé dans la lampe Cazin. On part d'un filament de carbone qu'on immerge dans un électrolyte composé d'une solution d'osmate de potassium et d'une petite quantité de chlorure d'iridium. Les deux extrémités de ce fil sont

reliées à l'électrode négative d'une source d'énergie électrique, dont l'électrode positive plonge également dans la solution.

Le dépôt d'osmium-iridium s'effectue très régulièrement sur le support de carbone, et, lorsqu'on le juge suffisant, on retire le filament du bain et on l'introduit dans son ampoule. Le charbon est brûlé à l'aide d'un courant électrique; le filament résiduel est tenace et très ductile.

SILICIUM : FILAMENT HÉLION. — Parker et Clark ont imaginé, il y a quelques années, un filament auquel ils ont donné le nom d'*hélium* ⁽¹⁾, de même qu'à la lampe qui l'utilise, et qui consiste en un dépôt de silicium sur un support de carbone.

Ce dépôt s'effectue de la façon ordinaire, c'est-à-dire que le filament de carbone est introduit dans un récipient vide d'air et dans lequel on fait arriver le composé qui, par dissociation en présence du charbon incandescent, doit former le dépôt. L'épaisseur de celui-ci est réglée automatiquement par la valeur de la résistance électrique du filament qui, une fois égale à celle fixée d'avance, supprime de suite le passage du courant.

Le coefficient de température du filament hélium est négatif jusque vers 1 380°, température à partir de laquelle il change de signe. Cette propriété présente un avantage pratique considérable, puisque, à l'allumage, le courant possède une faible intensité, comme dans la lampe au carbone, et qu'on évite ainsi l'augmentation énorme de débit qui se produit au début avec les autres lampes à filaments métalliques. Au contraire, en marche, le filament hélium présente le même avantage que ces derniers, c'est-à-dire qu'il est en quelque sorte autorégulateur de la puissance lumineuse quand la tension varie aux bornes de la lampe.

ZIRCONIUM. — Le filament Bohm est en *carbure de zirconium*. On le prépare en partant de l'hydruide de zirconium ZrH^4 , obtenu en réduisant l'oxyde de ce métal par le magnésium dans un courant d'hydrogène. Amené à l'état pâteux, à l'aide de liants convenables, l'hydruide est passé à la filière puis, après séchage des filaments, porté au rouge par le passage d'un courant qui donne naissance au carbure.

On a également utilisé des filaments en *zirconium-tungstène* et en *zirconium-tantale*.

ALLIAGES DE TUNGSTÈNE. — Le filament *osram* ⁽²⁾ est très employé actuellement dans la lampe qui porte ce nom et qui se signale, non seulement par son rendement élevé, mais aussi par sa durée, qui peut atteindre de quinze cents à deux mille heures.

La lampe dite « Métalite », qui est d'origine américaine, possède un filament en *alliage de tungstène et de tellure*. Elle ne consomme que 1 watt environ par bougie. Son filament se signale surtout par une très grande résistance mécanique. Cette propriété est si marquée que certains filaments faits de cet alliage ont pu supporter jusqu'à 300 000 allumages sans se rompre et sans cesser de donner une lumière blanche.

La Société Siemens et Halske a également utilisé des filaments en *tungstène-tantale*, qui se signalent surtout par une grande homogénéité et une longue durée.

Jean ESCARD,
Ingénieur civil.

(1) Du grec ἥλιος , *soleil*, par suite de la ressemblance entre le spectre de la lumière qu'il fournit par incandescence et celui de la lumière solaire.

(2) Étymologie : *os*, *osmium*, et *ram*, *wolfram* (minerai de tungstène). Le filament osram est en effet composé d'un alliage d'osmium et de tungstène.

GÉNIE MARITIME

L'INSTITUTION DES NAVAL ARCHITECTS

COMPTE RENDU TECHNIQUE DU CONGRÈS

TENU A LONDRES A L'OCCASION DU CINQUANTENAIRE DE L'INSTITUTION

CONGRÈS DU CINQUANTENAIRE. — L'Institution des Naval Architects a fêté cette année à Londres son jubilé cinquantenaire.

Fondée en 1860, cette puissante Association technique devait célébrer en 1910 son cinquantième anniversaire, mais les fêtes et réceptions projetées ont été contremandées à cause de la mort du roi Edouard VII et elles ont eu lieu cette année, à l'issue des fêtes du couronnement de Georges V, du 3 au 10 juillet.

Dans un pays aussi maritime que l'Angleterre et chez lequel la Construction navale constitue l'une des branches les plus importantes de l'industrie nationale, on conçoit assez facilement l'importance que peut prendre une Société technique réunissant l'élite des constructeurs, des marins et des armateurs.

Rien ne saurait toutefois mieux donner une idée de la vitalité de cette Institution technique et de la sollicitude du Gouvernement à son égard, que l'indication des patronages sous lesquels elle est placée et que la liste des missions officielles déléguées par les Gouvernements étrangers à l'occasion de ce jubilé.

Nous ne pouvons en France qu'admirer la place qu'un pays, vraiment attaché à sa grandeur industrielle accorde à une Association technique, et les encouragements que celle-ci reçoit des pouvoirs publics et des initiatives privées. Nos ingénieurs français, malgré leur supériorité technique et scientifique, reconnue par tous, sont loin d'être traités aussi favorablement.

Placée sous le patronage immédiat du Roi, l'Institution comprend plus de 2000 adhérents se divisant en membres honoraires, membres anciens, membres associés, associés et étudiants. Ses ressources annuelles s'élèvent à 130 000 francs environ.

Parmi ses membres honoraires figuraient déjà : l'empereur d'Allemagne, le prince de Galles, le grand-duc Alexandre Michailovitch, le vice-amiral Charles Duperré, l'illustre ingénieur français Bertin, l'amiral Melville.

Cette liste vient, à l'occasion du jubilé, de s'accroître des personnages suivants : les rois de Norvège, d'Espagne, de Suède, le prince Henri de Prusse, l'archiduc Ferdinand, le duc de Connaught, le duc de Gênes, le prince Roland Bonaparte, lord Rayleigh, les amiraux Dewey, Togo, Ijuin.

Ses anciens présidents furent lord Brassey, le comte de Glasgow, le comte de Cawdor; son président actuel est l'amiral marquis de Bristol.

Le vice-président actuel est sir William White, qui fut pendant près de vingt ans le chef des Constructions navales de la Marine militaire anglaise et, comme tel, l'auteur responsable de la presque totalité de la flotte militaire actuelle. Son prédécesseur à ce poste, sir Nathaniel Barnaby, et son successeur, sir Philippe Watts, démissionnaire depuis peu, figuraient également dans le Comité exécutif du Jubilé.

L'I. N. A. est représentée de droit dans les conseils suivants :

Conseil du Board of Trade; Comité technique du Lloyd's Register; Comité consultatif du Board of Trade; Laboratoire national de Physique; Conseil directeur du Bassin national d'expériences; Comité de l'*Engineering Standards*; Université de Liverpool; Université de Sheffield; Université de Bristol.

Telle est l'importance de la Société technique qui vient de célébrer son jubilé.

Les fêtes devaient, l'année dernière, avoir lieu sous la présidence d'honneur du prince de Galles (actuellement Georges V).

Elles se sont ouvertes cette année sous la présidence d'honneur du duc de Connaught, qui a prononcé le discours d'ouverture, et se sont continuées sous la présidence effective du marquis de Bristol.

Toutes les puissances maritimes étrangères avaient envoyé des délégations officielles. En voici la liste :

AUTRICHE-HONGRIE. — M. F. Pitzinger, ingénieur en chef; M. F. Borowicka; baron de Preuschen et de Liebenstein, attaché naval.

BELGIQUE. — M. A. Pierrard, inspecteur de direction à l'Administration de la Marine.

BRÉSIL. — Commandant E. Gomès Ferraz; commandant A. F. da Rocha; capitaine de vaisseau José Coelho, attaché naval.

CHILI. — M. le ministre Agustín Edwards; vice-amiral Luis Goni.

CHINE. — M. Tsung Ying Lee, superintendant de l'Ecole navale chinoise.

DANEMARK. — Capitaine J. C. Tuxen, directeur de constructions navales.

FRANCE. — Amiral de Montferrand, président de la Commission d'armement; capitaine de frégate Pumpreuel, attaché naval; M. A. Marbec, ingénieur en chef de la Marine; M. R. Boris, ingénieur de la Marine.

ALLEMAGNE. — M. Hüllmann, directeur de constructions navales; commandant W. Widemann, attaché naval.

GRÈCE. — Commandant N. Léondopoulos, R. H. N.

ITALIE. — Major général E. Ferrati, R. I. N.; lieutenant-colonel G. Russo, R. I. N.; major F. Mibelli, R. I. N.; capitaine comte M. Lovatelli, attaché naval.

JAPON. — *Ministère de la Marine*: Capitaine Kenji Ide, attaché naval; chef-constructeur Suyewo Nonaka; ingénieur en chef Keijiro Masui.

Ministère de l'Instruction publique: Dr K. Suyehiro.

Ministère des Communications: M. Sotaro Miyazaki.

NORVÈGE. — M. W. H. Swensen, directeur de l'arsenal royal.

RUSSIE. — Capitaine P. de Rein, attaché naval; ingénieur en chef Sagovsky.

ESPAGNE. — Señor Don Felipe Brinas y Ruedo, ingénieur naval; contre-amiral M. Diaz, attaché naval.

TURQUIE. — Lieutenant-colonel Ismail Hakki Bey, chef constructeur de l'arsenal de l'amirauté.

ÉTATS-UNIS. — Contre-amiral M. R. Watt, chef constructeur; contre-amiral H. J. Cone; contre-amiral W. L. Capps, ancien chef constructeur; capitaine E. Simpson, attaché naval.

PROGRAMME DE RÉUNIONS. — Le programme des réunions a été le suivant :

Lundi 3 juillet 1911 : Réception à la Royal United Service Institution. — *Mardi* : Ouverture du Congrès par le duc de Connaught, réception chez lord Brassey. — *Mercredi, jeudi, vendredi* : Séances du matin consacrées à la lecture des mémoires présentés à l'Institution. — *Mercredi* : Inauguration du bassin d'expériences au Laboratoire National de Physique. Lunch offert par le Lloyd's Register. — *Jeudi* : Réception à l'ambassade des États-Unis. Banquet de 400 couverts offert par l'Institution aux délégués étrangers. — *Vendredi* : Banquet de 300 couverts offert par le Gouvernement à l'Institution et à ses hôtes, et présidé par Lord Reynald Mac-Kenna, premier lord de l'amirauté (Ministre de la Marine). — *Samedi* : Visite du château de Windsor (Résidence royale) par autorisation de Sa Majesté.

Nous ne pouvons ici entrer dans le détail de ces fêtes : l'une d'elles offre cependant un intérêt spécial par les toasts qui y furent prononcés. C'est le diner offert par l'I. N. A. à ses hôtes.

Après un discours du président marquis de Bristol, le vice-président S. W. White rappelle l'œuvre des diverses nations.

Débutant par la France, il a dit : « Elle a été en marine la grande initiatrice. En disant que c'est chez elle que la science navale s'est faite et que c'est de là que sont venues toutes les idées

neuves et originales, je ne fais qu'énoncer simplement une vérité connue de tous. »

Sir W. White ne pouvait oublier, en effet, que la France a construit le premier cuirassé *la Gloire*, en 1859, le premier croiseur-cuirassé *le Dupuy-de-Lôme*, en 1888, et les premiers sous-marins.

Parmi les républiques, la première fut celle de l'amiral de Montferrand, dont le texte mérite d'être cité.

« En désignant une mission française pour le représenter au Jubilé des Naval Architects, le Gouvernement français a voulu accorder un juste hommage à l'Institution puissante et féconde qui a rendu depuis un demi-siècle d'incalculables services aux progrès de l'Art Naval.

« Il m'a fait l'honneur de me mettre à la tête de cette mission, et dans ce choix, dont je me félicite personnellement, je vois le désir de montrer quels liens indissolubles doivent, dans un effort commun, réunir les marins et les constructeurs.

« Votre vice-président, l'honorable Sir William White, citait, il y a trois jours, la parole de Sir Edouard Reed :

« Ce ne sont pas seulement les Naval Architects qui produisent les navires, il faut leur associer — leur associer étroitement — les marins, les hommes de science », en un mot, tous ceux sans lesquels un navire ne saurait naître et vivre.

« L'art de l'architecture navale a toujours été cultivé en France avec prédilection. Une longue lignée d'ingénieurs éminents, s'étendant de Sané jusqu'à notre illustre compatriote ici présent M. Bertin, lignée où brillent, pour ne parler que des disparus, les noms de Dupuy de Lôme, de Reech, de Gustave Zédé, de De Bussy, d'Augustin Normand, a fait faire à l'art de la construction navale des progrès décisifs.

« L'honorable sir William White rappelait mardi dernier

leurs efforts et l'influence de leurs idées; qu'il me permette ici de le remercier cordialement, au nom de la Marine et des constructeurs français, de cet hommage précieux, puisqu'il émane de l'un des maîtres les plus incontestés et les plus glorieux de la construction navale anglaise.

« Les noms de Scott Russel, de sir Nathaniel Barnaby, d'Edward Reed, de William White ne sont pas moins connus et honorés parmi nous.

« Comme le disait hier l'amiral sir Cyprian Bridge, « le tracé d'un navire traduit l'expression des idées tactiques d'une époque. La tactique et l'architecture navale sont tellement inséparables, que l'on peut, en considérant la succession des types de navires d'une époque, en conclure quelles étaient les idées tactiques du moment ». Ces deux sciences s'entraînent mutuellement.

« L'art de la guerre navale, par ses insatiables exigences, aura ainsi contribué, pour une large part, à accélérer les progrès de la plus audacieuse peut-être des créations de l'industrie humaine. »

COMPTE RENDU DES SÉANCES TECHNIQUES. — Nous ferons une place à part à la cérémonie d'inauguration du Bassin National d'Expériences, fondé sous les auspices de l'I. N. A. et grâce à la générosité d'un de ses membres, à cause de l'intérêt technique de cet établissement.

Nous donnerons une analyse complète des vingt et un mémoires présentés au Congrès par divers ingénieurs, marins et savants de toutes nationalités.

(A suivre.)

A. MARBEC,

Ingénieur en chef du Génie maritime.

GÉNIE MARITIME

LES APPLICATIONS FRIGORIFIQUES A BORD DES NAVIRES DE GUERRE

RÉFRIGÉRATION ET VENTILATION DES SOUTES A POWDRES B ⁽¹⁾

(Suite.)

RÉGULATION DE LA PUISSANCE FRIGORIFIQUE. — La puissance frigorifique nécessaire pour la réfrigération des soutes à poudres étant très différente suivant les circonstances de marche, on doit envisager les cas de fonctionnement à puissances frigorifiques variables, et surtout réduites. Le système employé devra être simple et occasionner, pour le cas de marche à puissance diminuée, une réduction sensiblement proportionnelle de la force absorbée.

1° *Cas des machines motrices à vapeur.* — On peut produire facilement toute une gamme de puissances frigorifiques réduites pour une température de vaporisation constante, en débranchant un cylindre sur deux, dans le cas de groupes bicylindriques et en faisant varier la vitesse de marche.

Pour augmenter cette puissance jusqu'à concurrence de 10% à 15%, on accroît la vitesse. Toutefois, on ne doit faire cette augmentation qu'avec les machines spécialement construites pour supporter les surcharges occasionnées.

2° *Cas des moteurs électriques.* — Pour conserver l'avantage de l'emploi des moteurs à vitesse constante, la réduction de puissance frigorifique se fera en débranchant un cylindre sur deux

dans le cas de groupes bicylindriques, et, pour une réduction de plus de 50%, en faisant varier le volume des espaces nuisibles.

CONDENSEURS-ÉVAPORATEURS.

Ces appareils échangeurs de chaleur doivent être construits avec beaucoup de soin. Les serpentins doivent être très réguliers, présenter des résistances sensiblement égales, et être d'une propreté intérieure méticuleuse.

L'acide carbonique doit circuler dans les tuyauteries à contre-courant avec l'eau de mer et de façon méthodique.

Les cuves contenant les serpentins sont en tôle d'acier zinguée. Elles doivent résister et être étanches à une pression hydraulique d'au moins 1 kg par centimètre carré et être munies des chicanes nécessaires.

CHOIX DES FRIGORIFÈRES OU AÉRORÉFRIGÉRANTS.

En plus des conditions générales d'encombrement, de poids et de facilité de démontage que doivent remplir tous les appareils installés à bord, il est particulièrement important que ces échangeurs de chaleur offrent une faible résistance à la circulation de l'eau et de l'air et aient surtout un rendement spécifique élevé.

Plus, en effet, le rendement sera élevé, plus on pourra, par unité de volume, échanger de calories, et plus on pourra

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 6 (juin 1911), p. 325; n° 7 (juillet 1911), p. 407; n° 8 (août 1911), p. 445, et n° 9 (septembre 1911), p. 496.

accroître la surface active pour un même encombrement. Cette surface étant très développée, l'échange de frigories entre un volume déterminé d'air à refroidir entre des limites fixes, et l'eau de mer en quantité variable constituant la source de froid, se réalisera avec un faible écart moyen de température.

L'eau de mer froide pourra donc être introduite dans les frigorifères à une température relativement élevée et le rendement de la machine frigorifique, qui produit alors des frigories à un potentiel pas trop bas, sera meilleur que si l'écart moyen de température dont il a été question précédemment étant plus grand, on eût été obligé de refroidir l'eau de mer à température plus basse pour obtenir les mêmes résultats.

On sait, en effet, que le rendement d'une machine frigorifique est d'autant plus élevé que la température à laquelle sont produites les frigories est elle-même plus élevée.

On sera limité dans cette voie de réduction d'écart moyen de température, par le débit de la pompe de circulation d'eau de mer froide, qui ne devra pas subir d'augmentation exagérée, pour obtenir un gain inappréciable sur la température de réfrigération.

L'exemple donné ci-après précisera cette question et montrera que, pour une surface active des frigorifères qui devra toujours

Au point de vue de la construction, les appareils frigorifères ou aéroréfrigérants réalisent l'échange de chaleur entre l'air et l'eau par l'intermédiaire de surfaces métalliques. Ces surfaces

sont constituées par des plaques creuses en cuivre, de construction spéciale (qui, par leur montage, permettent d'obtenir une circulation méthodique d'air à contre-courant avec l'eau), ou bien elles sont formées par des serpentins en cuivre avec ailettes en laiton très minces, très resserrées et très adhérentes sur les tuyaux qui sont raccordés avec deux boîtes de distribution en bronze. L'air, qui est refroidi dans le frigorifère, dépose son humidité sur les surfaces froides. Ce dépôt, qui existe dans toutes les hypothèses de marche — avec eau de mer refroidie ou non — est, comme nous l'avons indiqué, très important dans le cas de refroidissement des soutes obtenues avec l'air en circuit ouvert.

Un dispositif de séparation de gouttelettes d'eau

FIG. 19. — Dispositif d'un aéroréfrigérant ou frigorifère (type de 35 m²).

doit donc être prévu après la réfrigération de l'air. Les systèmes adoptés sont variables suivant que l'air doit traverser le frigorifère de bas en haut ou de haut en bas. Le cadre de cette étude ne nous permet pas d'insister sur leur réalisation pratique. Mentionnons simplement l'emploi de tôles perforées avec bords relevés et placées en quinconce, de chicanes, de séparateurs à force centrifuge, etc., qui ont donné de bons résultats.

Dans tous les cas, il est bon de ménager vers la sortie de l'appareil une chambre de détente dans laquelle se séparent, en raison de la diminution de vitesse de l'air, la majeure partie des gouttelettes d'eau entraînées.

Les frigorifères sont revêtus extérieurement, comme tous les appareils contenant un

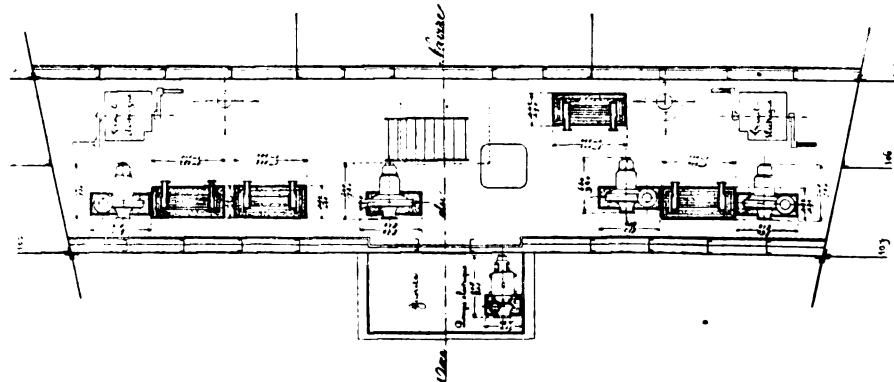


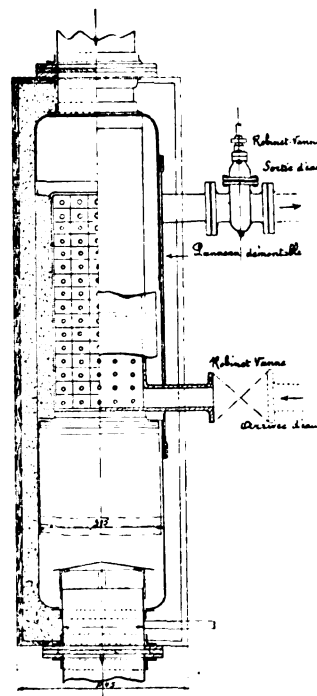
FIG. 20. — Emplacement sur un navire des aéroréfrigérants, ventilateurs et pompes (coupe horizontale).

être la plus grande possible en cadrant avec des limites fixées de poids et d'encombrement, il existe un meilleur écart moyen de température à adopter, et, par suite, une meilleure température de réfrigération d'eau de mer, entraînant un débit déterminé.

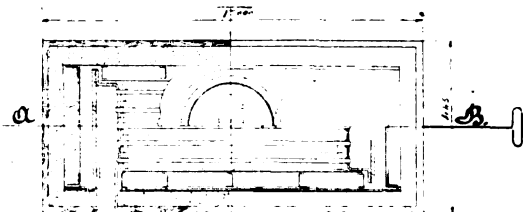
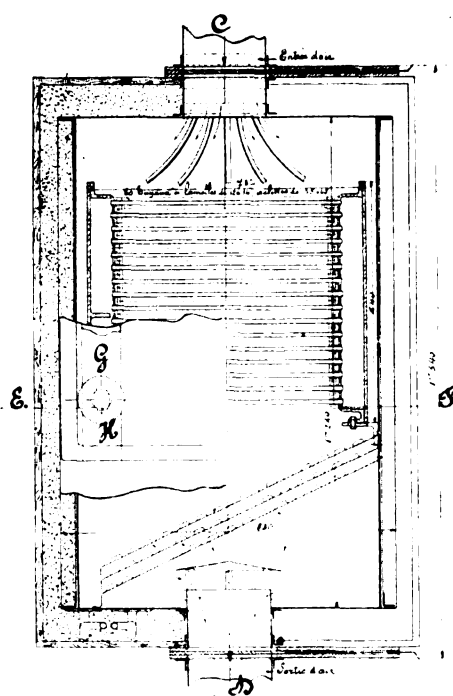
fluide froid, d'une enveloppe isolante en liège aggloméré d'au moins 10 cm d'épaisseur, elle-même recouverte d'un doublage en bois incombustibilisé.

La figure 19 représente la coupe d'un frigorifère qui a été expérimenté et qui donne des résultats satisfaisants.

Coupe transversale suivant CD.



Coupe longitudinale suivant AB.



Coupe horizontale suivant EF.

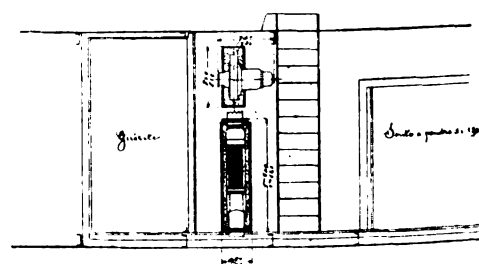


FIG. 21. — Vue de l'emplacement des aéroréfrigérants, ventilateurs et pompes (coupe longitudinale par l'axe du bâtiment).

Les figures 20, 21 et 22, donnent une idée de l'installation de ces appareils.

CHOIX DES VENTILATEURS, DE LA DISPOSITION ET DE LA FORME DES CANAUX D'AIR.

En raison de leur poids, de l'encombrement et des hautes pressions qu'ils doivent donner, les ventilateurs doivent être du type centrifuge aspirant et soufflant, accouplé directement avec moteur électrique blindé et ventilé. On choisit, pour simplifier, le moteur à vitesse constante, la variation de débit ne se produisant que par la manœuvre d'une vanne placée sur le canal principal du refoulement.

L'enveloppe de la turbine des ventilateurs est isolée au moyen de plaques de liège ou d'un aggloméré plastique qu'on bourre entre la coquille et une enveloppe en bois incombustibilisé.

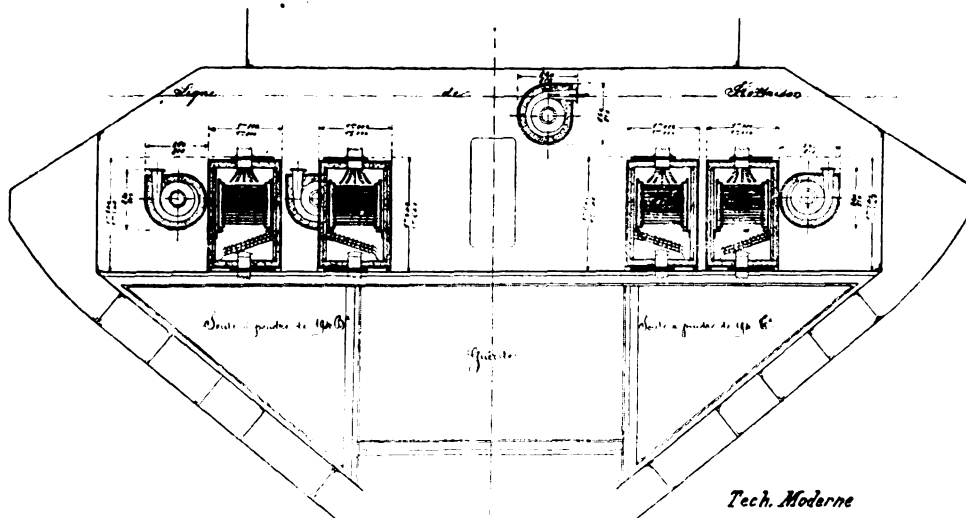


FIG. 22. — Vue de l'emplacement des aéroréfrigérants, ventilateurs et pompes (coupe transversale).

transforme finalement en calories dont la majeure partie est introduite dans l'air à refroidir, et qui viennent — en annihilant un nombre égal de frigories — réduire le rendement de l'installation.

(A suivre.)

LÉON LEFEBVRE,

Ingénieur des Arts et Manufactures,
Chef des Services techniques
de la Société du Froid Industriel.

USINES (ORGANISATION SYSTÉMATIQUE DES)

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE L'ORGANISATION SYSTÉMATIQUE DES MACHINES ET DES USINES

1. — Énoncé et démonstration générale des principes.

Ce qui manque le plus dans la pratique industrielle, c'est moins la connaissance des techniques particulières, d'ailleurs indispensables, que celle des principes généraux permettant aux ingénieurs de juger rapidement et sûrement les machines ou les installations d'usines qu'ils ont à contrôler et par là d'arriver à en améliorer le rendement.

Dans l'industrie, ces principes sont aussi utiles à connaître que ceux de thermodynamique pour le physicien et le chimiste.

Après une longue pratique industrielle, j'ai été amené à formuler des principes d'une application très générale pouvant servir de fil conducteur aux ingénieurs chargés d'inventer des opérateurs nouveaux ou d'orienter le travail des usines vers les résultats les plus économiques.

Toute machine, comme toute usine, est caractérisée par la circulation d'une ou plusieurs matières premières qui s'y transforment. Assimilons ces matières à un liquide et les machines où l'usine qui les renferme à une tuyauterie où circule ce courant : on peut énoncer les principes suivants :

1° PRINCIPE DE CONTINUITÉ : Chaque fois qu'il y aura discontinuité dans la vitesse de circulation des matières mises en œuvre, il y aura diminution dans le rendement industriel de la machine ou de l'ensemble mécanique considéré, et cette diminution sera proportionnelle à la variation de vitesse.

Considérons un courant liquide dans un tuyau : chaque fois

qu'il y a élargissement ou rétrécissement brusque de la section, coudes brusques (d'où discontinuité de la vitesse), il se produit des remous et tourbillonnements causant une *perte de force vive* : dans l'usine il y aura *perte de main-d'œuvre*, dans la machine diminution de rendement. Si un diamètre d de tuyau suffit à un débit déterminé, et que sur une partie de la canalisation on emploie un diamètre $D > d$, il y a, en dehors de la perte de force vive, une perte industrielle correspondant à la valeur exagérée du tuyau D : de même dans l'usine il y aura *perte industrielle* provenant de l'amortissement et de l'entretien onéreux du circuit D disproportionné au courant de matière qui le traverse.

Toutefois, si la conduite de grand diamètre D est à l'extrémité de la canalisation, elle diminue la pression en amont, facilitant ainsi la circulation du liquide dans la conduite d , qui pourra alors être diminuée de diamètre. Ainsi, toute machine ou usine devra avoir un large débouché de sortie : l'encombrement à la sortie du produit fabriqué est, on le comprend, particulièrement nuisible.

Au même point de vue, les valves de distribution dans un cycle mécanique, qui correspondent à des rétrécissements d'une canalisation, devront être spécialement surveillées pour éviter qu'elles ne soient cause d'engorgements de matières.

Le maximum de continuité à réaliser conduit à rendre les variations de vitesse des matières aussi continues que possible : on devra donc éviter dans une machine les angles trop vifs des cames. Les trajectoires des produits ouvrés seront continues : on évitera donc dans ces trajectoires les rebroussements et en général les angles inférieurs à 90° .

Si, enfin, dans la canalisation fictive où circule la matière utile dans l'usine, s'introduit une matière étrangère à celle qui doit rester dans le produit ouvré, elle produit à la fois une perte de force vive et un encombrement, comme le sable dans un courant d'eau : d'où encore *perte industrielle*.

Dans une très large mesure, le *principe de continuité* applicable aux matières industrielles travaillées par la machine ou l'usine s'applique aussi aux organes opérateurs des machines elles-mêmes, en ce sens que leur rendement s'augmente en proportion du nombre des mécanismes à mouvement uniforme et continu qu'elles renferment, et diminue avec le nombre et la masse des mécanismes à vitesse variable.

Mais il ne suffit pas d'assurer le plus de continuité possible aux machines ou cycles mécaniques d'une usine pour réaliser le rendement industriel maximum. C'est qu'en effet, *pour un débit donné* (qui correspond à celui de la machine ou de l'usine), un courant liquide peut avoir une vitesse très différente suivant qu'on emploie une grosse ou une petite tuyauterie : dans le premier cas, les frottements sont moindres, mais les frais de premier établissement plus considérables : le contraire a lieu avec une tuyauterie de petit diamètre. Il y a donc *pour un débit donné, d'une matière donnée, un diamètre optimum* de la tuyauterie et par suite *une vitesse optimum*.

Mais cette vitesse optimum peut être obtenue soit au moyen d'une seule conduite de diamètre A , soit au moyen de n conduites parallèles de diamètre a tel que $A^2 = na^2$. Dans le premier cas, l'installation est plus économique que dans le second ; par contre, un accident survenant à la conduite unique A supprime tout débit possible : c'est encore un cas de discontinuité qui devra être évité d'après le principe I : le nombre n devra donc être déterminé de manière à réaliser *le débit moyen maximum* quelles que soient les circonstances de l'entretien des tuyauteries.

Il en sera de même dans la machine ou le cycle mécanique de l'usine. L'avantage de rendement des grosses machines par rapport aux petites est bien connu ; mais un industriel dont le débit de l'usine en matières ouvrées doit être aussi continu que possible ne peut être à la merci du dérangement d'un cycle mécanique unique.

Il lui faudra donc constituer n cycles mécaniques dans chacun desquels la vitesse optimum des matières soit réalisée : la vitesse optimum sera déterminée par la nature des matières à traiter, par les conditions locales, par les difficultés inhérentes au service des machines, etc. ; le nombre n par le débit moyen à réaliser et par la variété des matières similaires à traiter.

On est donc conduit, toujours en partant de cette comparaison hydraulique qui a tant servi déjà dans les sciences physiques, à formuler un second principe industriel qui dérive en partie du premier.

2° PRINCIPE DE LA VITESSE OPTIMUM ET DU DÉBIT MOYEN MAXIMUM :
Dans une machine ou dans une usine, les dimensions et vitesses des cycles mécaniques utilisés seront déterminées par la vitesse optimum des matières à traiter, et le nombre de ces cycles par le débit moyen maximum à réaliser.

II. — Application des principes à la pratique industrielle.

Nous allons successivement appliquer les principes précédents à des machines isolées, puis à des usines, pour en montrer la généralité et pour faire ressortir la facilité avec laquelle on y trouve un critérium pour juger des installations existantes et un guide pour la recherche de cycles mécaniques nouveaux.

1° MACHINES CONSIDÉRÉES ISOLÉMENT. — Passons en revue les industries les plus diverses : Pour filer un textile, on a d'abord copié le travail du fuseau à la main où la torsion du fil cesse pendant le renvidage ; de là les « mull-jenny », où les broches s'arrêtent de tordre le fil pendant que la course du cha-

riot (d'environ 1^m,60) permet le renvidage. Ces appareils sont encombrants et à marche discontinue : le progrès devait amener la création de métiers continus.

Le papier a été fait à la forme par feuilles séparées, avant d'être produit en continu sur les grandes machines modernes. Il a été imprimé d'abord sur des presses dont le marbre plan était animé de mouvements alternatifs : la même évolution vers le continu a fait apparaître les presses rotatives Marinoni, dont le débit à encombrement égal dépasse vingt fois la production des anciennes presses sans exiger plus de personnel.

Les vignettes dont la Régie entoure chaque paquet de tabac étaient encore récemment imprimées à l'Imprimerie Nationale sur des feuilles servies à une presse alternative par un margeur ; il fallait ensuite repérer à la main ces feuilles et les découper au massicot. L'emploi à la main de ces vignettes isolées amenait un certain déchet. Sur mes indications, après approbation administrative, la maison Marinoni a établi une machine qui, non seulement imprime en continu ces vignettes, mais y perce les trous de repérage, les découpe et les forme en bobines continues que la machine à paqueter n'a plus qu'à dérouler automatiquement en utilisant les trous de repérage.

La production de la machine Marinoni atteint 96 km de vignettes à l'heure.

Dans la création de force motrice par les moyens les plus divers, la marche vers le continu est aussi remarquable et caractéristique du progrès. Jusqu'ici le chargement d'un foyer de chaudière a été fait en général à bras d'homme, et l'unité de dimension d'une chaudière a été le plus souvent déterminée par la quantité de charbon qu'un homme peut charger à l'heure. La discontinuité des charges diminue le rendement du charbon en eau vaporisée et peut déterminer des chutes de pression périodiques.

Dans les usines les plus modernes, tous ces inconvénients disparaissent : le charbon provenant de silos surélevés se déverse par la gravité dans des chargeurs automatiques à vitesse réglable, d'où les scories tombent automatiquement. Par là, on s'affranchit encore de la sujétion qui oblige à déterminer l'unité de dimension de la chaudière par les conditions du service fait à bras d'homme. Les mêmes résultats sont obtenus par l'emploi de combustibles liquides, qui permet aussi la continuité et l'automatisme du chauffage.

Il suffit de rappeler que l'extension si rapide des dynamos est en grande partie due à leur propriété précieuse de produire la puissance directement, sous forme d'un couple apte à commander, sans emploi d'organes à mouvements alternatifs, des machines à mouvements continus, comme les scies, raboteuses, ventilateurs et pompes centrifuges, etc.

Si l'on observe les longs tâtonnements qui ont marqué toute l'histoire du développement de la machine à vapeur depuis Newcomen et J. Watt jusqu'à nos jours, on peut craindre que ces deux mécaniciens de génie n'aient engagé l'industrie dans une voie néfaste, car leur création était en contradiction absolue avec les principes I et II. Avoir rendu stagnant dans les immenses et lourds cylindres des machines à balancier, à marche lente (30 tours par minute) et alternative, un fluide dont les propriétés essentielles sont la légèreté, la rapidité et la continuité de son expansion, semble actuellement un défi au bon sens. Ces propriétés de la vapeur rendaient inévitables, d'après nos principes, la création de machines à vapeur à grande vitesse où le fluide eût sa vitesse optimum *a priori* très grande combinée avec une expansion continue. Déjà les machines-pilon, tournant à près de 500 tours par minute pour la commande de groupes électrogènes, réalisaient un grand progrès en réduisant au minimum les pièces alternatives et, grâce à la vitesse de circulation de la vapeur, diminuant beaucoup l'encombrement et le poids de la machine pour une puissance donnée.

Mais les turbines à vapeur sont la dernière étape dans cette

voie où est assurée, avec la continuité, la vitesse optimum du fluide. On peut prédire qu'il en sera de même pour les turbines à gaz, dernière transformation des moteurs à explosion : les turbines seront, dans un avenir prochain, les appareils ayant le rendement maximum pour l'utilisation des fluides gazeux, comme elles le sont déjà pour l'emploi de l'eau.

Après ces vérifications générales des principes énoncés, il convient d'examiner avec détails quelques cas particuliers, pour montrer que ces principes et leurs corollaires indiquent nettement à l'ingénieur les points faibles de certaines machines et la manière de les perfectionner.

Voici une machine Dargnies à vérifier automatiquement le poids des paquets de tabac : la trajectoire d'arrivée des paquets sur le plateau de la balance forme avec celle de départ un rebroussement. Cela suffit : il existera toujours des difficultés à ce point de rebroussement, qui limitera le rendement de la machine à 28 paquets vérifiés par minute. Dans la machine Nèrrière qui fait le même travail, la trajectoire des paquets est rectiligne et parcourue dans le même sens : le rendement sera de 40 paquets vérifiés et jamais un paquet arrivant ne pourra écraser le paquet sortant.

L'évolution de la fabrication mécanique des cigarettes est très instructive à cet égard. Il y a quelque trente ans, la machine Leblond fabriquait la cigarette en bourrant un boudin de tabac comprimé dans un tube façonné mécaniquement. Le papier du tube était pris à une bobine continue de papier, le tabac à un gâteau servi par une ouvrière sur une courroie de distribution. Ces deux mécanismes avançaient par intermittences ; les vitesses discontinues du papier et du tabac étaient évidemment très loin des vitesses optima : et le rendement était mauvais (12 000 cigarettes par jour) parce que la machine contrevenait dans toutes ses parties aux deux principes et à leurs corollaires.

Survient la machine Decouffé, qui conserve le même mode essentiellement discontinu de fabrication par bourrage du tabac dans un tube. Successivement la marche du papier est rendue continue, ce qui supprime les tubes déchirés ; l'avance du tabac est rendue continue dans des distributeurs automatiques qui en régularisent le débit : ainsi on se rapproche de plus en plus de la vitesse optimum et du rendement maximum compatible avec le principe de la machine. On arrondit quelques angles trop brusques de cames et la machine peut alors produire 60 000 cigarettes par jour soit, 5 fois plus que la machine Leblond.

Ainsi dans la machine Decouffé, le tabac et le papier distribués par des organes continus se rencontrent dans le mécanisme discontinu du bourrage. Supprimons ce dernier obstacle à la réalisation des grandes vitesses. On obtient alors les machines à grande production (300 000 cigarettes par jour), où le papier de bobines de 3 km de longueur se forme en gouttière recouvrant un boudin continu de tabac alimenté, par des tambours à cardes. Dans ces machines, un seul organe était à mouvement alternatif : le couteau qui découpe en longueurs de 7 à 8 cm le boudin continu de cigarette. On devait chercher à le supprimer, à cause de l'entretien difficile de ce mécanisme à chariot alternatif ; car en effet le couteau peut être monté sur un disque faisant un tour chaque fois que le boudin avance de la longueur de la cigarette.

2° CYCLES MÉCANIQUES COMPLEXES OU CYCLES D'USINE. — Les cycles mécaniques complexes que l'on rencontre dans les usines vont révéler aussi facilement leurs défauts quand on en scrute le fonctionnement à la lumière des deux principes qui dérivent de la comparaison hydraulique.

Nous prendrons deux exemples dans l'industrie du tabac.

Cycle mécanique utilisé pour la fabrication du tabac à priser. — Il comprend un circuit en partie fermé composé de moulins 1 où s'introduit la matière, d'une vis sans fin 2, d'une noria 3, d'un cylindre bluteur 4, d'une vis sans fin 5, distribuant le tabac râpé aux moulins 6 qui complètent le cycle. La matière travaillée

(râpé sec) qui sort du circuit à travers le cylindre bluteur tombe en 7 (fig. 1).

Les vis sans fin 2 et 5 comme la noria 3 sont des organes dont la vitesse peut être assez grande pour ne pas limiter le débit des autres appareils 1, 6, 4 du cycle mécanique. Au regard des principes posés, les seules questions à résoudre concernent le débit des appareils 1, 6, 4. La bluterie 4, à mouvement de rotation continu et dont le fonctionnement est bien connu par les appareils similaires de meunerie, pourra avoir un débit aussi grand qu'on le voudra. D'ailleurs, c'est l'appareil de sortie du produit fabriqué : il doit, d'après les corollaires du principe 1, être largement calculé : autrement le produit fini, qui aurait dû passer en 7, viendrait encombrer, comme une matière étrangère, le circuit 5, 6... Or, on peut vérifier que ces conditions ne sont pas remplies dans les appareils de la Régie. Un essai de tamisage sur la matière sortant

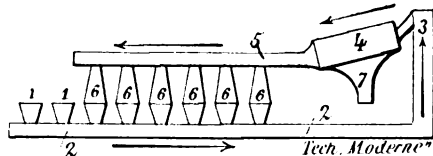


FIG. 1. — Schéma de la fabrication du râpé (tabac à priser).

de la bluterie vers 5 montre qu'elle contient 20 % de râpé assez fin pour passer en 7. Cette matière, dont le grain a la grosseur voulue à ce moment, encombre les moulins 6 qui la réduisent en poussière (pulvérin). La bluterie 4 a donc une longueur ou une surface de tamis insuffisante pour la production des moulins 6.

D'autres questions se posent à l'égard de ces derniers : pourquoi leur nombre est-il de six pour alimenter une seule bluterie, alors que rien dans les principes ne fait prévoir la nécessité d'une telle division du cycle mécanique ? C'est que chaque moulin (semblable à un moulin à café) comprend une noix conique d'environ 40 cm de diamètre, très pesante et animée d'un mouvement alternatif (une oscillation complète par seconde). Là encore nous trouvons, comme on pouvait le prévoir, une faible production horaire (40 kg) et une consommation exagérée de puissance (1,3 HP), liées à l'emploi d'un mécanisme à mouvement alternatif non susceptible de grande vitesse en raison des masses actionnées. Tout l'effort pour améliorer le cycle mécanique devra donc porter sur l'augmentation de rendement des moulins ou l'emploi d'un autre mécanisme désintégrateur. Si l'on compare la production horaire d'un hachoir (300 kg) et sa consommation de puissance par 100 kg produits (0,5 HP) avec celles d'un moulin, on observe que la division d'une matière végétale humide se fait beaucoup plus vite et économiquement par l'emploi de couteaux que par laminage ou cisaillement (1). Le tabac à réduire en râpé devrait donc être amené par un hachoir à une dimension de 1 mm à peine, et il est probable qu'avec un mécanisme unique peu volumineux consommant 2 HP, on atteindrait le même résultat qu'avec une batterie de huit moulins (dont deux dégrossisseurs), consommant 12 HP, et dont l'encombrement correspond à son faible rendement massique.

Cycle d'usine employé pour la fabrication du tabac à fumer. — Il comprend un circuit composé de quatre appareils mécaniques : hachoir, torréfacteur, monte-charge, sécheur, entre lesquels la matière subit des transports horizontaux, verticaux, et des stations où sa vitesse est nulle pendant les séjours en dépôts, soit en mannes, soit en sacs. Le tableau de la page 548 donne la vitesse ou la production horaire de chaque appareil.

Dans ce cycle d'usine, la vitesse est essentiellement discontinue, le rendement est donc mauvais et l'encombrement considérable. Mais, indépendamment des séjours en dépôts où la vitesse est nulle, le rendement est d'autant plus mauvais que la

(1) Ainsi les cossettes de betteraves sont obtenues au moyen de couteaux spéciaux.

discontinuité est plus grande entre les productions horaires des divers appareils utilisés. Si l'on tient compte de la dernière colonne, où l'on voit que 125 kg sortant du hachoir correspondent à 104 kg sortant du torréfacteur, il faut accumuler en mannes six heures de production d'un hachoir pour faire marcher pendant une heure le torréfacteur et le sécheur. De même, si l'on fabrique quatre tabacs différents, on devra en accumuler trois en dépôt puisque ces tabacs ne doivent pas être mélangés dans le même torréfacteur, ou bien avoir un second torréfacteur qui ne fonctionnera que quelques heures par jour. Ainsi, il faut déterminer la *vitesse optimum* du cycle, de telle manière qu'elle corresponde à la même quantité de matière travaillée dans les divers appareils traversés. Or, cette vitesse sera calculée d'après la quantité normale maximum qu'un homme puisse charger sur la courroie sans fin de distribution d'un hachoir : cette charge horaire n'est pas de 120 kg, mais bien de 300 kg.

TABLEAU INDIQUANT LA VITESSE OU LA PRODUCTION HORAIRE DE CHAQUE APPAREIL.

	PRODUCTION HORAIRE		POIDS travaillé par 100 kg du produit fini
	actuel I	à réaliser II	
	—	—	—
	kg	kg	kg
Hachoir (poids à la sortie). . .	120	300	125
Dépôt en mannes	0	↓	0
Torréfacteur (poids à la sortie). . .	600	240	entrée : 125 sortie : 104
Dépôt en sacs.	0	↓	0
Monte-charge.	variable	↓	0
Dépôt en sacs	0	↓	0
Refroidisseur-sécheur (poids à la sortie).	600	230	entrée : 104 sortie : 100

Ainsi un premier fait ressort de cette discussion : l'adoption par Rolland en 1858 d'appareils monumentaux de 6 m de long (torréfacteur, sécheur), pouvant paraître nécessaires à une grande Régie, est une grosse erreur industrielle. La seule unité de fabrication rationnelle est le hachoir à grande production horaire (300 kg). La colonne II montre qu'en plaçant au-dessous de lui un torréfacteur et un sécheur de dimensions réduites et appropriées, on supprimera toutes les stations et transports non automatiques de la matière qui aura ainsi une vitesse continue. Il

n'entrera pas 1 kg de tabac dans le hachoir qui, quelques minutes après, ne sorte du sécheur automatiquement terminé. La main-d'œuvre et les emplacements d'atelier nécessités par les dépôts seront réduits au minimum : les matières étrangères (éclats de bois et d'osier) ne pourront plus se mélanger au tabac, parcourant un cycle entièrement fermé.

Mais la colonne III suggère encore une autre application de nos principes : l'eau nécessaire pour hacher le tabac s'élimine au torréfacteur dans la proportion de 20 % ; c'est une matière étrangère qui passe dans le cycle et nuit à son débit. Il faut donc la diminuer autant que possible. Faire évaporer 21 kg d'eau par 100 kg de matière fabriquée est évidemment une opération onéreuse : or, on sait que, dans certaines conditions, il suffit de 15 % au lieu de 30 % d'excédent d'eau au tabac pour pouvoir être haché. L'appareil torréfacteur n'ayant plus alors à évaporer que 8 kg d'eau par 100 kg fabriqués sera alors très simplifié et le cycle sera encore notablement amélioré. L'analyse de ce cycle va faire ressortir encore une autre erreur : on avait cru justifier l'emploi d'appareils de torréfaction énormes par la nécessité d'y accoler un foyer en maçonnerie indépendant formant volant de calories. Or, la chaleur comme l'électricité et la puissance motrice se distribuent sans que ce fractionnement ait à intervenir dans la détermination des dimensions des unités de fabrication : une chaudière comme une dynamo distribuent et fractionnent dans leurs récepteurs chaleur et électricité avec un excellent rendement.

CONCLUSIONS. — Les exemples précédents n'ont été détaillés que pour illustrer l'application de principes d'apparence un peu théorique. Sans même connaître les détails des mécanismes qu'emploie un cycle, ces principes fournissent un critérium sûr pour en critiquer le fonctionnement et pour l'améliorer ; ils font ressortir l'importance de la détermination de l'unité de fabrication en tant que dimensions et vitesse de production. Ils substituent à des considérations de sentiment qui avaient fait adopter, dans les manufactures de tabacs, des machines géantes aussi peu faites pour vivre que les *Diplodocus* du règne animal, une méthode scientifique et générale dont l'application, d'ailleurs simple, ne peut qu'être profitable aux progrès économiques de l'industrie.

E. BELOT,

Ancien élève de l'Ecole Polytechnique,
Directeur des Manufactures de l'Etat.

AÉRODYNAMIQUE

LA STABILISATION AUTOMATIQUE LONGITUDINALE DES AÉROPLANES ⁽¹⁾

Un aéroplane est en équilibre sous l'action de trois forces : 1° la pesanteur ; 2° la poussée exercée par le système moteur-propulseur dont il est pourvu ; 3° la réaction de l'air.

La réaction de l'air sur les plans donne naissance à une com-

posante verticale équilibrant la pesanteur et à une composante horizontale opposée à la traction du propulseur.

La réaction de l'air sur l'ensemble de l'appareil crée des résistances passives qui, associées à la composante horizontale

(1) M. Dautre, l'inventeur du stabilisateur qui porte son nom, expose dans cet article la genèse de son intéressante découverte.

On sait que la valeur d'un dispositif ne dépend pas seulement de ce dispositif lui-même, mais de son réglage.

Il est probable *a priori* que le réglage adopté par M. Dautre, si efficace soit-il, est encore perfectible. C'est la loi du progrès.

Il est certain toutefois que les résultats obtenus sont d'ores et déjà tout à fait remarquables.

Le stabilisateur adapté à un *Maurice Farman* a été longuement

expérimenté par MM. les Officiers du laboratoire de Chalais-Meudon, délégués à cet effet par M. le général Roques. Il s'est révélé comme particulièrement actif contre les rafales et les remous qui constituent le principal danger de l'aviation.

Au cours de ces expériences et de démonstrations qui ont été faites devant de nombreuses notabilités tant sportives que scientifiques, l'atterrissage a toujours été effectué automatiquement par le stabilisateur, le pilote se contentant de ralentir ou d'arrêter le moteur.

En facilitant la conduite de l'aéroplane et en diminuant ses risques.

que nous venons d'envisager, équilibrent la traction du propulseur.

Lorsque la *résultante* de ces trois forces est nulle, l'aéroplane est en équilibre. Lorsque au contraire cette *résultante* acquiert une valeur autre que zéro, l'aéroplane n'est plus en équilibre.

L'étude de l'équilibre d'un aéroplane se ramène donc à l'étude des variations, soit dans leur grandeur, soit dans leur point d'application, des forces qui agissent sur lui, ainsi que des réactions que chacune d'entre elles peut avoir sur les deux autres. *Peu important, d'ailleurs, les phénomènes multiples qui ont ces variations pour effets.* Le seul phénomène intéressant est la variation elle-même, parce que c'est elle qui a une relation directe avec l'équilibre de l'aéroplane.

Cette méthode a l'avantage de rattacher l'équilibre des aéroplanes à des phénomènes déjà connus en mécanique et de partir ainsi d'une base certaine.

Posons tout d'abord les données du problème, en négligeant provisoirement les résistances passives qui, par définition, absorbent une partie de l'effort du propulseur sans effet utile sur la sustentation.

Reportons-nous à la figure 1 donnant le schéma des forces équilibrant un aéroplane.

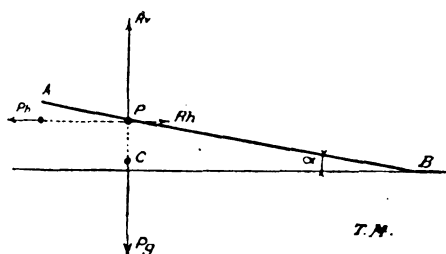


FIG. 1. — Schéma des forces équilibrant un aéroplane.

Ph représente la poussée du système moto-propulseur;

Pg représente la pesanteur;

Rh et Rv représentent, la première, la composante horizontale et la seconde la composante verticale de la réaction de l'air.

La réaction de l'air est donnée par la formule $KSV^2 \sin \alpha$, dans laquelle :

K est un coefficient que l'on peut supposer constant pour un même appareil;

S est la surface des plans;

V est la vitesse de l'appareil par rapport à l'air, autrement dit le vent relatif. C'est la *résultante* de deux facteurs dont l'un est la vitesse propre de l'aéroplane et l'autre la vitesse du vent proprement dit.

L'angle α est l'angle d'attaque.

L'angle d'attaque est déterminé par l'axe longitudinal des plans d'une part et par la *trajectoire* d'autre part.

Nous appellerons incidence ou angle d'incidence l'angle formé par l'axe des plans et l'horizon.

Lorsque la trajectoire est horizontale, et dans ce cas seulement, l'incidence et l'angle d'attaque ont la même valeur.

Nous avons vu que la réaction de l'air était fonction de l'angle d'attaque.

Cet angle, en outre, détermine la position du point P (centre de poussée), point d'application de la *résultante* de la réaction de l'air sur chacun des plans de l'aéroplane, y compris le ou les gouvernails de profondeur ou équilibreur.

Quelle est l'importance de l'angle d'incidence?

Il détermine la valeur *respective* des deux composantes verticale et horizontale de la réaction de l'air.

Lorsque l'incidence est nulle, la composante horizontale est également nulle et la composante verticale a la même valeur que la réaction de l'air.

Lorsque cet angle est positif, ce qui correspond à la position normale de l'aéroplane, la composante horizontale Rh est opposée à la force Ph.

Lorsque au contraire l'incidence est négative, ce qui correspond à la position occupée par l'aéroplane dans le vol plané, la composante Rh change de sens et devient tractive au lieu d'être résistante comme précédemment.

Remarquons que dans ce dernier cas, et bien que l'incidence soit négative, l'angle d'attaque est positif parce qu'il est déterminé par la trajectoire, laquelle est, dans le vol plané, descendante.

Que l'angle d'incidence soit négatif ou positif, et, pour une même valeur de la réaction de l'air, plus cet angle sera ouvert plus la composante horizontale sera grande, plus la composante verticale sera petite, et *vice versa*.

Lors donc que l'on augmente l'ouverture de l'angle d'incidence, c'est-à-dire lorsqu'on met l'aéroplane à la montée, on affaiblit la composante verticale Rv.

Mais une autre conséquence *immédiate* mais momentanée de l'augmentation de l'incidence est une augmentation correspondante de l'angle d'attaque et, par suite, de la valeur de la réaction de l'air $KSV^2 \sin \alpha$ et, par suite également, des deux composantes horizontale et verticale Rh et Rv.

Ces deux actions s'exerçant dans le même sens en ce qui concerne la composante horizontale, celle-ci est toujours accrue.

Ces deux actions au contraire se *contrariant* en ce qui concerne la composante verticale, la *résultante*, suivant que l'une ou l'autre de ces deux actions est prépondérante, est tantôt un accroissement et tantôt un affaiblissement de la composante verticale.

On voit donc qu'il y a une limite de l'incidence qu'il ne faut pas dépasser.

Tous les phénomènes que nous venons de décrire accompagnent l'augmentation de l'incidence. Ils sont *instantanés*.

Ils engendrent à leur tour une suite de phénomènes qui, ceux-ci, réclament une certaine *durée* pour produire tout leur effet.

C'est d'une part une diminution de la vitesse propre de l'aéroplane et d'autre part une modification de la trajectoire, conséquences de la modification de valeur de Rh et de Rv.

Tant que Rv sera plus grand ou plus petit que Pg, la trajectoire sera modifiée. Elle deviendra rectiligne dès que l'équilibre entre les forces Rv et Pg sera à nouveau obtenu.

Une trajectoire rectiligne, qu'elle soit ascendante ou qu'elle soit descendante indique toujours non pas qu'une des deux forces Rv ou Pg est prépondérante, mais au contraire qu'elles ont rigoureusement la même valeur.

En supposant une incidence constante et par conséquent un rapport invariable entre les deux composantes Rh et Rv, qu'est-ce qui se passe lorsque la trajectoire est modifiée?

La seule conséquence, et qui est à tout moment instantanée, est une modification correspondante de l'angle d'attaque et, par suite, de la valeur de la réaction de l'air, et en particulier de la composante Rv opposée à la pesanteur.

L'angle d'attaque va donc passer par diverses valeurs jusqu'au moment où la composante verticale de $KSV^2 \sin \alpha$ équilibrera la pesanteur.

K et S étant constants, l'angle sera dans ces conditions déterminé par V².

Toutes choses égales d'ailleurs, l'angle d'attaque est donc fonction de la vitesse du vent relatif.

Or, ne l'oublions pas, le point d'application P des deux forces Rh et Rv est lui-même déterminé par l'angle d'attaque.

Et à son tour la position du point P (centre de poussée général) exerce une influence sur l'angle d'incidence.

Lorsque le pilote manœuvre son équilibreur pour mettre à la

cette invention ouvrira sans doute une ère nouvelle à l'industrie de l'aviation.

Au point de vue scientifique, l'étude approfondie du stabilisateur à l'aide d'appareils enregistreurs dont il est facile de le munir, contribuera singulièrement à éclairer les données théoriques que nous possédons déjà sur l'équilibre dynamique des aéroplanes.

N. D. L. R.

montée ou à la descente, il ne fait pas autre chose, en modifiant l'angle d'attaque du plan particulier qu'est l'équilibre, que modifier la position du centre de poussée général et, par suite, le point d'application de la force R_v . Le point P tend, en effet, toujours à se rapprocher de la verticale passant par C.

Et à son tour une modification de l'incidence amène une modification correspondante de la composante R_h et, par suite, de la vitesse.

Il existe donc une relation étroite entre l'incidence, l'angle d'attaque et la vitesse du vent relatif.

La condition à rechercher pour la conservation d'un équilibre donné est la constance de ces trois facteurs.

Elle n'est pratiquement réalisable que dans des circonstances tout à fait exceptionnelles en ce qui concerne le vent relatif. Celui-ci, en effet, est la résultante de deux facteurs : la vitesse propre de l'aéroplane et celle de l'air dans lequel il se meut.

Tout ce que nous pouvons faire, c'est de maintenir cette résultante autant que possible constante, de telle façon que, si elle s'écarte de sa valeur normale, elle tende à y revenir.

Pour ce faire, un seul moyen s'offre à nous, c'est de faire varier la vitesse propre de l'aéroplane au fur et à mesure que la vitesse de l'air varie elle-même.

Pour que la rectification soit efficace, il faut qu'elle soit instantanée. Si pratiquement elle ne peut l'être, il faut tout au moins qu'elle soit le plus rapide possible.

Comment y arriver ?

Le moyen le plus pratique qui s'offre à nous est de faire varier R_h , en modifiant l'incidence.

Les variations de l'incidence doivent donc accompagner celles de la vitesse relative.

Mais si cette condition est désirable, il en est une autre également désirable, c'est que l'incidence ne devienne pas dangereuse ainsi qu'on l'a vu plus haut.

Il y a donc une *marge* qu'il ne faut pas dépasser.

Quant à la constance de l'angle d'attaque, elle synthétiserait toutes les conditions d'équilibre à rechercher si elle était obtenue à tout moment et instantanément.

Poursuivant notre analyse, nous examinerons l'importance que peut avoir la position du point C (centre de gravité), point d'application de la force P_g .

Ce qui importe, au point de vue de l'équilibre de l'aéroplane, c'est moins la position de C que celle du point où la verticale passant par C rencontre l'axe de l'appareil.

Sur la figure 1 ce point est en P, mais il est clair que si nous modifions l'inclinaison de l'appareil il ne sera plus en P, mais à droite ou à gauche de P, suivant le sens de l'inclinaison.

Dans cette nouvelle position l'aéroplane, sous la double action de la composante verticale R_v appliquée en P et de la pesanteur agissant en C, tendra de lui-même à revenir à son inclinaison initiale.

Ce couple peut être formé soit par un déplacement de P sans que l'inclinaison varie, soit par une nouvelle inclinaison de l'aéroplane en supposant P invariable.

Dans le premier cas, ce sera un couple perturbateur, dans le second un couple de rappel.

Mais le couple de rappel sera d'autant plus fort et l'action du couple perturbateur d'autant plus limitée que le centre de gravité sera situé plus bas.

Nous avons raisonné jusqu'à présent comme si la vitesse propre de l'aéroplane était *uniforme*, condition qui n'est réalisée que lorsque les forces antagonistes P_h et R_h sont exactement équilibrées.

Or, ces deux forces sont soumises, pour de multiples causes, à des variations incessantes.

La résultante des actions de ces deux forces est donc à tout moment modifiée en grandeur et en direction. Il en résulte une série d'accélération positives ou négatives, d'intensité variable.

En vertu de la loi de l'inertie, la masse de l'appareil concentrée en son centre de gravité s'oppose à cette succession d'accélération.

Si l'accélération est positive, l'aéroplane s'inclinera sur l'avant. L'effet immédiat sera une diminution de l'angle d'attaque et par conséquent un affaiblissement de R_h . De ce fait, l'accélération sera encore augmentée. Il se produira ainsi une *rotation* de phénomènes s'aggravant réciproquement.

Il est facile de voir que si l'accélération est négative, la même rotation de phénomènes se reproduira dans le sens contraire, mais toujours perturbateur.

Et cet effet perturbateur sera d'autant plus violent que le centre de gravité sera situé plus bas.

L'action de l'accélération s'exerçant toujours en sens contraire de celle de la gravité, c'est leur *résultante* seule qu'il faut envisager.

Il nous faut tenir également compte des résistances passives. On peut considérer leur résultante comme égale à une force $R'h'$ s'appliquant à un point P' .

$R'h'$ est fonction de la vitesse relative. P' peut être considéré comme invariable. La valeur des accélérations, en supposant P_h constant, ne dépend donc pas uniquement des variations de R_h , mais aussi de celles de $R'h'$. Mais tandis que $R'h'$ est fonction uniquement de la vitesse relative, R_h est fonction, non seulement de la vitesse relative, mais encore de l'angle d'attaque et de l'angle d'incidence. Quant à la résultante de R_h et de $R'h'$, elle s'applique en un point P'' susceptible d'occuper toutes les positions entre les deux limites P et P' . P'' sera en P pour une valeur de $R'h'$ égale à zéro, et en P' pour une valeur de R_h égale à zéro.

Nous arrivons à l'étude des moyens propres à assurer la stabilité automatique longitudinale de l'aéroplane.

Le premier qui s'offre à nous est un dispositif connu sous le nom d'empennage. Il consiste essentiellement en un plan formant la queue de l'aéroplane et qui se met de lui-même dans le lit du vent relatif de façon à maintenir un angle d'attaque constant.

Chaque variation de l'angle d'attaque a comme conséquence une réaction de l'air sur la queue, qui déplace le centre général de poussée dans un sens favorable au rétablissement de l'équilibre.

Ce dispositif n'est pas toujours efficace.

Son action sur l'inclinaison de l'aéroplane n'est pas instantanée. Celui-ci met toujours un certain temps à accomplir l'inclinaison provoquée par les impulsions reçues par sa queue.

Ce retard serait pratiquement négligeable si la direction du vent relatif était uniquement déterminée par celle de la trajectoire.

Or, le vent relatif est la résultante de deux facteurs dont l'un est le mouvement dont est animé l'air.

Et ce n'est pas seulement la vitesse du vent qui importe, mais encore sa direction.

Lorsque cette direction ne se confond pas avec celle de la trajectoire, tout se passe comme si, l'incidence étant supposée constante, l'angle d'attaque n'était plus déterminé uniquement par la trajectoire.

Le mouvement de l'air est donc un facteur dont il nous faut tenir compte et ce facteur nous est inconnu.

Le vice de ce dispositif, comme de tous systèmes par lesquels on prétend uniquement obtenir la stabilité automatique de l'aéroplane par la réaction de l'air sur un plan, est qu'il contient une inconnue.

Tout ce qu'on sait, à ce sujet, c'est que les mouvements de l'air sont extrêmement variés et en intensité et en direction dans le plan horizontal et dans le plan vertical. On sait, en outre, que ces phénomènes sont parfois très localisés.

C'est à peu près tout ce que l'on sait.

La durée de ces variations importe tout d'abord. Lorsqu'elles

sont trop rapides, le retard de l'action de la queue devient préjudiciable.

Les phénomènes de l'air étant d'autre part localisés, les filets d'air n'agissent pas toujours de la même façon sur la queue et sur les plans principaux. D'où une *contre-indication*.

On a recherché un remède dans l'augmentation suffisante pour qu'elle devienne prépondérante de l'un des deux facteurs déterminant le vent relatif, c'est-à-dire la vitesse propre de l'aéroplane.

Mais par là même on donne une égale prépondérance à la valeur des accélérations dont l'effet est, comme on l'a vu, perturbateur.

Pour parer à cet inconvénient, on est amené fatalement à adopter une construction telle que tous les centres, c'est-à-dire le point d'application des forces, soient confondus.

On peut le faire pour l'hélice et pour la masse.

Quant au centre de poussée, on a vu qu'il ne pouvait être fixe. Ses moindres déplacements auront ici une valeur prépondérante.

Mais comme, d'autre part, on peut le déplacer par une manœuvre de l'équilibreur, l'appareil sera plus *maniable*.

Mais il n'aura aucune stabilité automatique *aussi bien dans le sens longitudinal que dans le sens latéral*.

Cette stabilité sera entièrement entre les mains du pilote.

Dans la pratique, il y a lieu de tenir compte de cette considération que, dans la construction des types actuels d'appareils, les centres ne sont jamais rigoureusement confondus.

Les phénomènes de l'air sont, il est vrai, inconnus, mais nous savons qu'ils n'exercent une action sur l'équilibre de l'aéroplane qu'en *modifiant la valeur des deux composantes R_h et R_v de la réaction de l'air et leur point d'application P*.

La stabilité de l'aéroplane est essentiellement *un problème d'équilibre dynamique*.

Un aéroplane est stable lorsque la résultante des forces qui agissent sur lui *tend à décroître*. Lorsque cette résultante *tend à s'accroître*, l'équilibre est instable.

La conclusion est qu'un dispositif de stabilisation automatique ne peut être d'une efficacité *certaine* qu'à la condition d'être dynamique.

Cela est rigoureusement vrai dans l'état actuel de nos connaissances.

Si nous nous reportons au schéma des forces donné plus haut, nous constatons que les forces antagonistes P_g et R_v et P_h et R_h tendent d'elles-mêmes à se mettre en équilibre par une modification soit de la vitesse, soit de la trajectoire de l'aéroplane.

Nous constatons également que le point P et le point C tendent d'eux-mêmes à se rapprocher d'une même verticale dès qu'ils s'en sont écartés, sous la double action des forces R_v et P_g .

Il ne reste donc comme éléments perturbateurs que :

1° L'accélération ;

2° Les déplacements du centre de poussée.

Lorsque le premier de ces facteurs prend une valeur prépondérante, l'équilibre devient instable.

Le déplacement du centre de poussée ne provoque pas *nécessairement* un équilibre instable.

Il provoque seulement un changement d'incidence et, comme conséquence instantanée mais momentanée, une modification de l'angle d'attaque.

Or, toutes choses égales d'ailleurs, la position du centre de poussée est déterminée par l'angle d'attaque.

Ce nouveau déplacement du centre de poussée corrige-t-il l'inclinaison que tend à prendre l'aéroplane ou l'aggrave-t-il ?

Cela dépend, toutes choses égales d'ailleurs, de la forme d'aile employée.

Dans le premier cas, l'équilibre sera stable. Dans le second, il sera instable.

Quoi qu'il en soit, cette modification de l'angle d'incidence et celle de l'angle d'attaque ont toutes deux, et pour des raisons

différentes, comme conséquence de modifier la force R_h , c'est-à-dire de *provoquer une accélération soit positive, soit négative*.

Et cette accélération sera la conséquence instantanée de toute modification de l'incidence ou de l'angle d'attaque, *quelles qu'en soient d'ailleurs les causes*.

L'accélération peut donc être une indication utile pour la manœuvre destinée à redresser l'appareil.

La même indication utile peut être donnée par la vitesse du vent relatif.

On sait, en effet, que, toutes choses égales d'ailleurs, cette vitesse, *en modifiant la trajectoire*, détermine l'angle d'attaque.

Si donc on veut obtenir un angle d'attaque constant, il est préférable que le dispositif automatique de stabilisation obéisse à la vitesse relative plutôt qu'à la trajectoire. On évitera ainsi le retard signalé plus haut.

Enfin, si l'on veut manœuvrer pour conserver au vent relatif une valeur autant que possible constante, c'est encore la vitesse de ce vent relatif qui donnera la meilleure indication.

Or, le vent relatif n'est pas seulement un facteur de la stabilité de l'aéroplane.

Si l'on veut assurer sa *sustentation*, c'est-à-dire une trajectoire rapprochée de la verticale, et sa *maniabilité*, il est indispensable que la vitesse relative ne tombe pas au-dessous d'une certaine grandeur.

En particulier, lorsque la force P_h (traction du propulseur) est affaiblie ou a disparu, ce n'est pas l'affaiblissement ou l'annulation de la force antagoniste R_h qu'il faut rechercher. On doit, dans ce cas, non rechercher le retour à l'équilibre initial, ce qui est devenu impossible, mais provoquer un nouvel état d'équilibre correspondant à ce qu'on appelle le vol plané et dans lequel la composante horizontale de la réaction de l'air équilibre les résistances passives.

Je ne me suis pas proposé de faire entrer dans le cadre nécessairement limité de cet article une étude complète de la stabilité de l'aéroplane et encore moins de chaque problème particulier rentrant dans le cadre général d'une telle étude.

J'ai seulement essayé de poser le problème, ses données et la méthode propre à amener la solution de chaque problème particulier, avec le souci de ne rien avancer qui ne pût être considéré comme certain dans l'état actuel de nos connaissances.

Au cours d'une longue expérimentation, je me suis efforcé de recueillir soigneusement le plus grand nombre d'observations tant par moi-même que par les pilotes ou les expérimentateurs avec lesquels j'ai été en relation.

J'ai éprouvé qu'aucun des faits actuellement connus en aviation ou acceptés comme tels par les pilotes n'était en contradiction avec les données que je viens d'exposer.

Ce sont ces mêmes données et cette même méthode que j'ai appliquées dans la conception et la mise au point du stabilisateur automatique (fig. 2, p. 554) que j'ai expérimenté successivement à Juvisy et à Villacoublay.

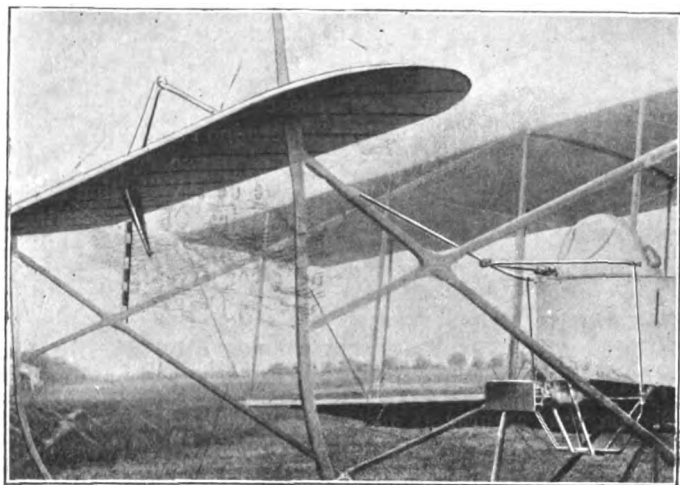
Ce stabilisateur est fort simple. Il consiste essentiellement en un servo-moteur qui, sur les indications combinées d'un *anémomètre* et d'un *accéléromètre*, commande mécaniquement les mouvements de l'équilibreur.

L'anémomètre est constitué par une palette P (fig. 3, 4 et 5, p. 554) recevant normalement le vent relatif. Elle est équilibrée par deux ressorts R' de telle sorte que, lorsque la vitesse relative est celle de régime, elle vient s'appuyer sur une butée.

Dès que le vent relatif diminue, les ressorts R' repoussent progressivement la palette, laquelle, par l'intermédiaire du servo-moteur, met l'équilibreur à la descente. Lorsque la vitesse du vent relatif redevient celle de régime, la palette est progressivement ramenée à sa position première.

L'accéléromètre est constitué par deux masselottes M, mobiles chacune sur une tige placée dans la direction du vol, de manière

à pouvoir se déplacer dès qu'une accélération positive ou négative se produit. Elles sont maintenues chacune par deux ressorts R placés en avant et en arrière. Ces ressorts ont pour but de ramener les masselottes à leurs positions initiales dès que l'aéroplane a repris une vitesse uniforme. Ils sont assez



"Tech. Moderne"

FIG. 2. — Vue du stabilisateur système Drouot installé sur un aéroplane Maurice Farman.

forts pour empêcher tout déplacement des masselottes sur leur tige sous l'influence de la pesanteur. Lorsque l'accélération est positive, les masselottes reculent et mettent l'équilibreur à la montée pour empêcher l'appareil de s'incliner vers l'avant. Lorsque l'accélération est négative, les masselottes avancent et mettent l'équilibreur à la descente pour empêcher l'aéroplane de s'incliner vers l'arrière.

Ainsi qu'il est facile de le voir par la figure coupe de l'appareil (fig. 3), c'est la résultante seule des indications de l'anémomètre et de l'accéléromètre qui est transmise au servo-moteur à air comprimé. La palette provoque donc le changement d'incidence nécessité par la diminution de la vitesse relative. Les masselottes s'opposent à tout changement d'incidence provoqué par les accélérations.

Lorsque la vitesse relative est diminuée et que l'accélération est positive, les deux actions se corrigent. Lorsque la vitesse

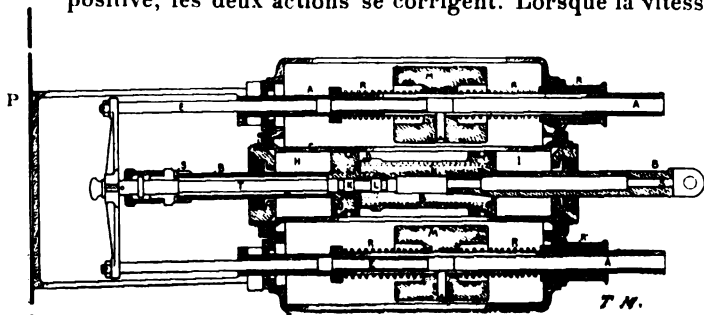
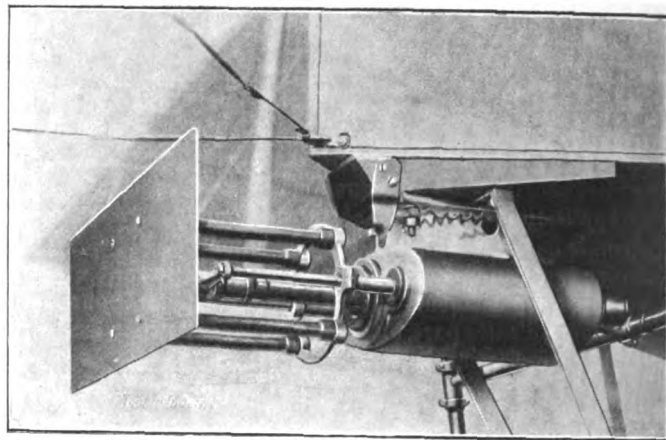


FIG. 3. — Coupe horizontale du stabilisateur système Drouot.

relative est diminuée et que l'accélération est négative, les deux actions s'ajoutent.

Dans la figure 3, P est la palette solide des tubes A, qui glissent à frottement doux dans le carter en aluminium F; l'action de l'air sur cette palette est équilibrée par les ressorts R' montés sur ces tubes entre des collerettes et le fond du carter: les masselottes M peuvent se déplacer sur les tubes A. Les ressorts R les rendent solidaires de ces tubes quand la palette recule ou avance, sous une action plus ou moins forte de l'air, et leur permettent cependant de se déplacer le long de ces tubes, sous l'action de l'inertie.

Les tiges E, solidaires des masselottes et mobiles à l'intérieur des tubes A, sont rigidement assemblées sur la tige T du tiroir du servo-moteur. Ce tiroir est disposé dans l'axe même du cylindre moteur C; l'air comprimé arrive dans la chambre D de ce cylindre et est distribué dans les chambres I ou H, suivant que la tige T se déplaçant dans un sens ou dans l'autre, les barrettes K



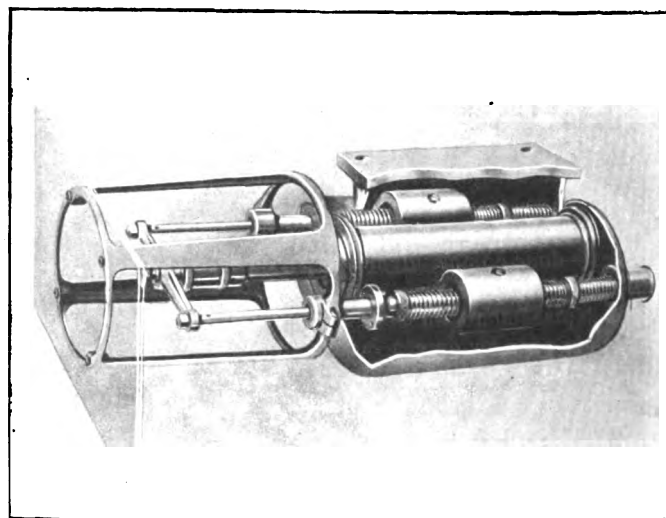
"Tech. Moderne"

FIG. 4. — Vue du stabilisateur système Drouot.

et L masquent ou démasquent l'entrée des canaux N et O. Des évidements ménagés sur la tige T permettent à l'air comprimé de s'échapper de la chambre H par les ouvertures S lorsque l'admission de l'air se fait dans la chambre I, et vice versa.

Tous les déplacements du tiroir T sont ainsi suivis instantanément d'un déplacement dans le même sens du piston B. Le piston B est relié par des commandes convenables aux gouvernails.

Un effort de 100 g tout au plus est nécessaire pour déplacer la tige T, et le piston, suivant la pression de l'air comprimé, peut fournir un travail variant de 10 kg à 40 kg, ce qui est largement suffisant dans tous les cas.



"Tech. Moderne"

FIG. 5. — Vue du stabilisateur système Drouot (carter déchiré).

Une petite pompe commandée par le moteur de l'aéroplane fournit l'air comprimé au servo-moteur et un réservoir, branché sur la canalisation, permet d'avoir toujours une quantité d'air suffisante pour parer au cas d'arrêt du moteur.

La mise au point de ce stabilisateur a été obtenue expérimentalement. Elle a été singulièrement facilitée par le rôle particulier de l'accéléromètre dans le fonctionnement du stabilisa-

teur. Il ne corrige pas seulement les perturbations d'équilibre provenant de causes en quelque sorte *extérieures*, mais encore il joue le rôle de *régulateur*.

Toute manœuvre de l'équilibreur provoque, en effet, une accélération. Le stabilisateur par son accéléromètre corrige donc son propre coup de gouvernail, *en limitant la durée*, dans le même temps que l'appareil lui obéit.

Le coup de gouvernail donné par le stabilisateur est donc à

tout moment mesuré, dans son amplitude et dans sa durée, par l'action combinée de l'anémomètre et de l'accéléromètre.

Ainsi qu'il est facile de le voir par tout ce qui précède, le but que je me suis proposé est d'*adapter* exactement les conditions de fonctionnement du stabilisateur aux conditions d'équilibre de l'aéroplane, en plaçant ce stabilisateur sous la dépendance *directe* des causes perturbatrices de cet équilibre.

AD. DOUTRE.

METALLURGIE

ÉTUDE D'UN ACIER SPÉCIAL DE CÉMENTATION⁽¹⁾

(Suite et fin.)

b) ÉPAISSEUR DE LA COUCHE CÉMENTÉE. — Si l'on s'en rapportait aux cassures précitées pour définir l'épaisseur de la couche cémentée, on risquerait de commettre des erreurs. Examinons, par exemple, les cassures de la figure 2; il semble que l'épaisseur de la couche cémentée de la cassure de gauche, qui se rapporte au métal non trempé, soit beaucoup plus faible que celle du métal trempé une fois (cassure du milieu) ou deux fois (cassure de droite).

En réalité, pour se faire une opinion exacte, il importe de voir comment est constitué le métal non seulement dans la partie carburée, mais dans celle qui la suit immédiatement, et, pour cela, un examen à l'œil nu ne suffit pas; il faut se servir du microscope; c'est ce qui a été fait pour les aciers en question.

On peut s'attendre à ce que le métal soit d'autant plus carburé qu'il s'éloigne davantage de l'axe des barrettes. L'action de cémentation est une action de surface; la pénétration du carbone apporté par le ciment s'effectue par la formation de cémentite (Fe_3C), qui se diffuse peu à peu dans la ferrite de l'acier primitif pour donner d'abord l'eutectique perlite, puis la cémentite libre, c'est-à-dire rendre l'acier hypereutectique. On doit donc trouver le maximum de cémentite libre près de la surface des barrettes, puis de moins en moins de cette cémentite en s'écartant de cette surface pour pénétrer en profondeur dans le métal; à une certaine distance, on doit trouver l'eutectique, puis des zones hypoeutectiques; finalement le cœur du métal doit être exactement

réussie dans la cémentation fait toute la valeur de cette opération. Un acier cémenté qui a des transitions graduelles depuis la surface extra-carburée jusqu'au cœur resté indemne, réalise les conditions optima; par contre, toute transition brusque de struc-

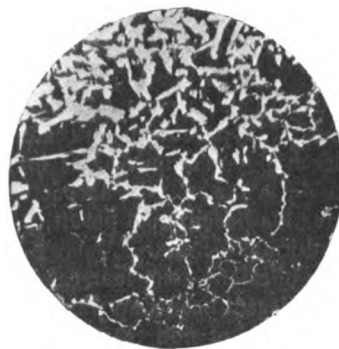


FIG. 8. — Métal cémenté pendant 8 heures à 1000°, non trempé (un point pris à 1 mm du bord cémenté). En bas, perlite et cémentite réticulaire de cémentation; en haut, perlite et ferrite. — Gr. : 40 d.

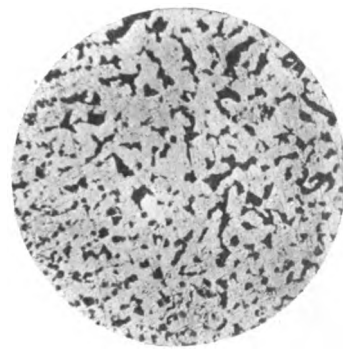


FIG. 9. — Métal cémenté pendant 8 heures à 1000°, non trempé (milieu de l'échantillon). Gr. : 40 d.

ture parle contre l'opération de cémentation. Les couches d'une nature très différente ont une faible adhérence; elles jouissent de propriétés différentes qui les font se comporter différemment dans l'action des déformations. La croûte carburée tend de ce fait à s'écailler. Une mauvaise cémentation produit cet inconvénient, mais un acier primitivement inadéquat également.

Ces quelques explications nous ont paru nécessaires pour commenter les constatations micrographiques suivantes faites sur l'acier de MM. Béguin frères.

On a fait une étude, soignée au microscope, de l'acier cémenté pendant huit heures à 1000°, d'abord pour déterminer la diffusion de la carburation et, ensuite, pour évaluer l'épaisseur de la couche cémentée.

Les photogrammes 6, 7, 8, 9 se rapportent à ce métal brut de cémentation, c'est-à-dire non trempé. Le premier montre la couche carburée de l'extrême bord de la section du barreau; on y remarque la cémentite libre en fins réseaux blancs, qui se voient mieux dans le photogramme 7. Ces réseaux sont distribués uniformément dans une perlite très fine granuloïde.

À 1 mm environ de la section, la structure a complètement changé, comme le montre le photogramme 8. La partie inférieure de ce dernier est perlitique, mais on voit apparaître de fins filaments de ferrite qui augmentent de grosseur à mesure qu'on s'écarte de la zone purement perlitique. On voit aussi combien la gradation est régulière. On peut donc déclarer que la



FIG. 6. — Métal cémenté pendant 8 heures à 1000°, non trempé (extrême bord de la couche de cémentation). — Gr. : 40 d.



FIG. 7. — Même partie du même métal que la figure 6. Gr. : 250 d.

avec la même structure que le métal qui n'aurait subi aucune cémentation.

La gradation de ces structures plus ou moins régulièrement

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 9 (sept. 1911), p. 494.

cémentation est réussie, et cela corrobore les résultats déjà signalés à propos des cassures et des flexions. L'épaisseur de la couche démunie de ferrite libre est de 1 mm environ; c'est cette épaisseur qui, à notre avis, doit être adoptée pour qualifier l'épaisseur de la cémentation et non celle qui contient de la cémentite

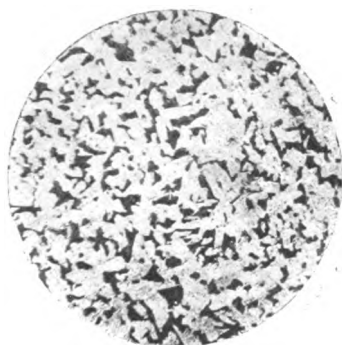


FIG. 10. — Métal non cimenté et non trempé, simplement recuit pendant 8 heures à 1000° (milieu de l'échantillon). — Gr. : 40 d.

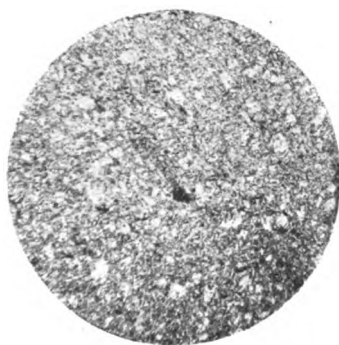


FIG. 11. — Métal cimenté pendant 8 heures à 1000°, puis trempé une fois (milieu de l'échantillon). — Gr. : 40 d.

libre, ni celle à partir de laquelle on retrouve la structure du métal primitif.

C'est là une question d'appréciation, mais la nôtre est fondée sur ce que les régions eutectiques et hypereutectiques sont, après trempe, plus dures que celles hypoeutectiques. Dès qu'il existe de la ferrite libre, on perd de la dureté. Or, la cémentation a pour but de durcir l'acier le plus possible; il paraît, par suite, logique de s'en tenir à la définition ci-dessus.

Les barreaux cimentés et trempés offraient dans leur cassure (voir fig. 2) ⁽¹⁾ une zone carburée paraissant beaucoup plus large que celle du barreau simplement cimenté et non trempé. Cela tient à ce que, par la trempe, les couches à carburations diverses se fondent mieux l'une dans l'autre, et comme, en réalité, le carbure est diffusé beaucoup plus loin que dans les parties uniquement eutectiques, la démarcation entre les couches est moins nette et l'épaisseur totale atteinte par le carbone est mieux mise en évidence. Mais nous nous en tenons aux définitions précitées pour évaluer l'épaisseur de la couche qu'on doit considérer comme cimentée.

Pour les barrettes traitées pendant huit heures à 1000°, cette

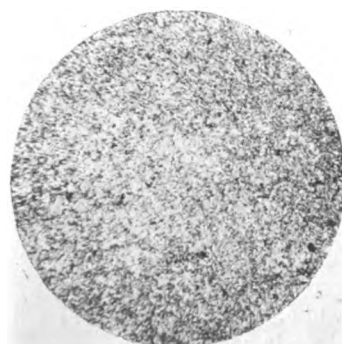


FIG. 12. — Métal cimenté pendant 8 heures à 1000°, puis trempé 2 fois. — Gr. : 40 d.



FIG. 13. — Métal non cimenté, mais trempé une fois. — Gr. : 40 d.

épaisseur était de 1 mm à 1^{mm},5; pour celles cimentées pendant quatre heures à 1000° : 0^{mm},6 à 0^{mm},7; celles de huit heures

à 850° avaient une épaisseur de 0^{mm},8 à 1 mm; celles de quatre heures à 850°, 0^{mm},5 environ.

Le temps de cémentation est compté à partir du moment où les boîtes contenant les éprouvettes étaient mises dans le four chaud. Il faut environ une heure pour que les éprouvettes atteignent la température voulue.

Le photogramme 9 montre la structure du cœur de la même barrette; on a affaire à un acier doux tenant environ 0,20 de carbone dans lequel les ilots noirs de perlite sont grossiers avec tendance à la cristallisation, ce qui est démontré par leurs contours parfois rectilignes. C'est là l'indice d'un métal surchauffé.

On retrouve d'ailleurs une structure identique dans le métal qui a subi la même température (1000°) pendant le même temps (8 heures), mais qui n'a pas été cimenté.

Le photogramme 10 l'établit sans ambiguïté.

c) TREMPÉ DES BARREAUX CIMENTÉS. — On se fera une idée exacte des améliorations considérables apportées par la simple et par la double trempe dans ces structures d'aciers surchauffés.

Le photogramme 11 montre la finesse des éléments après une simple trempe; la figure 12, la finesse encore plus grande et la plus grande homogénéité après la double trempe, dans le cas de l'acier cimenté huit heures à 1000°.

Les photogrammes 13 et 14 sont respectivement la représen-

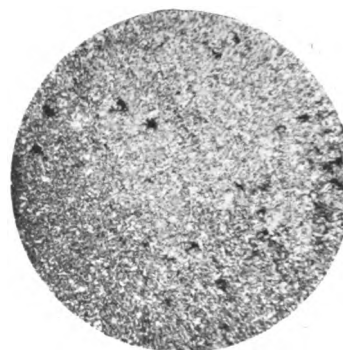


FIG. 14. — Métal non cimenté, mais trempé 2 fois. — Gr. : 40 d.

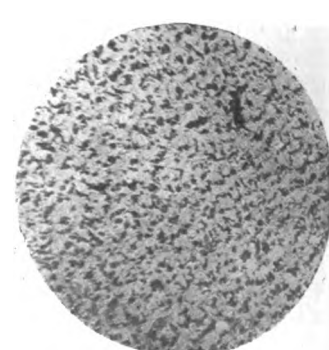


FIG. 15. — Métal cimenté pendant 4 heures à 1000°, non trempé (milieu de l'échantillon). — Gr. : 40 d.

tation des structures du même acier chauffé pendant huit heures à 1000°, mais non cimenté, après 1 ou 2 trempes. On voit que les transformations sont à peu près identiques à celles du cas précédent.

La simple et la double trempe régénèrent donc l'âme des aciers cimentés, et plus la seconde que la première. Le microscope nous l'indique et est, à ce point de vue, en parfaite concordance avec les précédentes méthodes d'investigation. Toutes les trempes ont été faites après que les éprouvettes furent lentement refroidies dans leurs boîtes.

La cristallisation grossière et funeste de l'âme des barrettes cimentées longuement à température élevée se retrouve à un moindre degré dans les barrettes maintenues pendant un temps plus court à des températures plus basses. Ainsi le photogramme 14 montre la structure de l'acier étudié, après une cémentation de quatre heures seulement à 1000°; les éléments constitutifs sont plus fins que ceux de la figure 9 se rapportant à la cémentation de huit heures à la même température. De même, en comparant les photogrammes 16 et 17, on peut constater que le premier qui se rapporte à une cémentation de quatre heures à 850° révèle une structure plus fine que le second relatif à la structure de l'acier cimenté pendant huit heures à la même température.

Les photogrammes 18 et 19 montrent, à l'évidence, la bonne influence apportée respectivement par une simple et une double

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 9 (sept. 1911), p. 495.

trempé à la structure de ce dernier échantillon. On a des constatations identiques à celles faites à propos de l'acier cimenté pendant huit heures à 1000°.

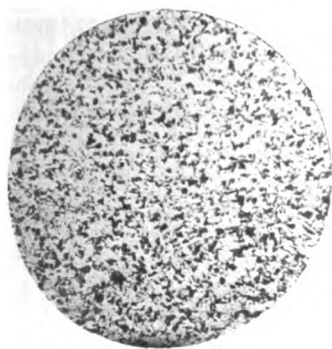


FIG. 16. — Métal cimenté pendant 4 heures à 850°, non trempé (milieu de l'échantillon). — Gr. : 40 d.



FIG. 17. — Métal cimenté pendant 8 heures à 850°, non trempé (milieu de l'échantillon). — Gr. : 40 d.

d) EXAMEN DE LA COUCHE CARBURÉE. — On peut se demander comment est constituée la couche carburée après la double trempe, qui, comme il résulte de ce qui précède, est le traite-

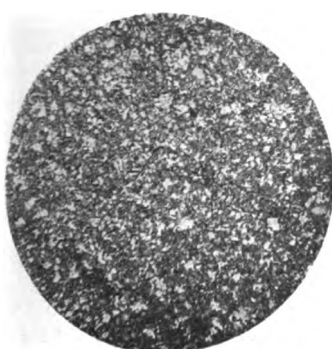


FIG. 18. — Métal cimenté pendant 8 heures à 850°, puis trempé une fois (milieu de l'échantillon). — Gr. : 40 d.



FIG. 19. — Métal cimenté pendant 8 heures à 850°, puis trempé 2 fois (milieu de l'échantillon). — Gr. : 40 d.

ment thermique à recommander pour l'acier cimenté ici en question.

Un examen microscopique nous renseignera immédiatement :

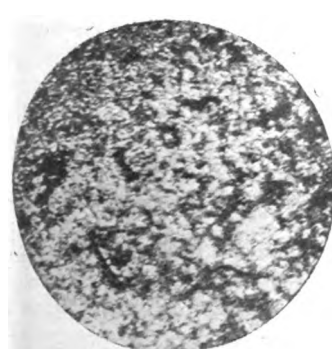


FIG. 20. — Métal cimenté pendant 8 heures à 1000°, puis trempé 2 fois (extrême bord de la couche carburée). — Gr. : 400 d.

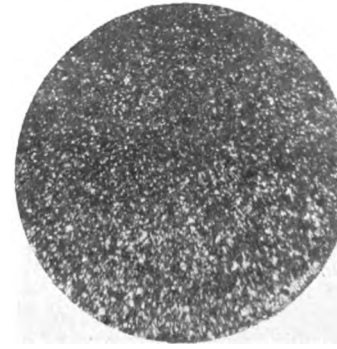


FIG. 21. — Métal cimenté pendant 8 heures à 1000°, puis trempé 2 fois (passage de la région carburée à la région sous-jacente). — Gr. : 400 d.

le photogramme 20 montre la constitution de cette couche à fort grossissement. Il a fallu employer ce grossissement pour définir la nature des constituants qui sont : 1° une martensite

blanche extrêmement fine ; 2° une troostite sorbitique noire. Le tout est serré et homogène.

Cet acier se cimente donc bien et ne donne pas, à la trempe, d'aiguilles grossières de martensite qui seraient l'indice d'une carburation défectueuse ou d'une trempe inadéquate.

La zone moins carburée située en dessous de celle qui précède a, après trempe, l'aspect du photogramme 21, qui qualifie une sorbite très fine avec taches blanches de ferrite. Nous avons vu plus haut comment le cœur des diverses barrettes était constitué après trempe. Il est à martensite très fine et régulière.

De sorte que la double trempe confère à toutes les parties de la barrette cimentée et chimiquement hétérogène, des textures remarquablement régulières et fines, bien progressivement fondues l'une dans l'autre et formant un tout qui réalise ce qu'on peut attendre de mieux dans la production d'une pièce cimentée.

e) DURETÉ DES COUCHES CARBURÉES. — Tout utilisateur d'acier cimenté se soucie de la dureté de la surface de ses pièces ; nous avons donc cherché à nous documenter sur la variation de dureté des surfaces des diverses barrettes traitées différemment, pour mettre en évidence l'influence des opérations variées auxquelles celles-ci avaient été soumises.

On a pratiqué, sur les surfaces, des empreintes au moyen d'une bille d'acier trempé de 10 mm de diamètre chargée à 3000 kg (méthode de Brinell) ; les chiffres ci-après sont des quotients de la charge de 3000 kg par les surfaces sphériques des empreintes :

1° Barrettes chauffées pendant 8 heures à 1000°, mais non cimentées.

a) Barrettes laissées naturelles après chauffage.	140
b) Barrettes trempées une fois à 850°.	302
c) Barrettes trempées deux fois.	293

2° Barrettes cimentées pendant 8 heures à 1000°.

a) Barrettes laissées naturelles après cimentation . . .	217
b) Barrettes trempées une fois à 850°.	578
c) Barrettes trempées deux fois.	532

3° Barrettes cimentées pendant 4 heures à 1000°.

a) Barrettes laissées naturelles après cimentation. . .	183
b) Barrettes trempées une fois à 850°.	500
c) Barrettes trempées deux fois.	477

4° Barrettes cimentées pendant 8 heures à 850°.

a) Barrettes laissées naturelles après cimentation . . .	190
b) Barrettes trempées une fois à 850°.	530
c) Barrettes trempées deux fois.	418

5° Barrettes cimentées pendant 4 heures à 850°.

a) Barrettes laissées naturelles après cimentation. . .	183
b) Barrettes trempées une fois à 850°.	460
c) Barrettes trempées deux fois.	430

On pourra constater que, d'une façon générale, les barrettes trempées une fois ont une plus grande dureté superficielle que celles trempées deux fois ; cela tient à deux raisons : 1° à ce que, par les deux chauffages nécessaires pour la double trempe, on décature légèrement la couche cimentée, ce qui en diminue la dureté ; 2° à ce que la température de la dernière trempe — 800° environ — dans le cas de la double trempe, est inférieure à la température de 850°-875° à laquelle ont été trempées les barrettes ayant subi la simple trempe. Or, c'est la température à laquelle le métal a été trempé en dernier lieu qui régit la structure et la dureté. D'où les duretés plus grandes dans le cas de l'acier trempé une seule fois. Nous retrouverons des constatations analogues quand nous étudierons, plus loin, les caractéristiques mécaniques des âmes de nos barrettes. Signalons, enfin, que la dureté de l'acier trempé deux fois après cimentation de huit heures à 1000° est bonne.

f) VARIATION DE LA DURETÉ DEPUIS LA SURFACE JUSQU'AU CŒUR DES BARRETTES CÉMENTÉES. — Comment varie la dureté d'une pièce de ce genre depuis la surface jusqu'au cœur? On peut se poser cette question. La réponse est simple; elle nous est fournie par les essais suivants :

Nous avons pris un barreau cimenté pendant huit heures à 1 000° et trempé une fois et un autre barreau cimenté également pendant huit heures à 1 000°, mais trempé deux fois. On a dégagé sur eux à la meule humide une série de gradins dont la distance par rapport à la surface cimentée augmentait de 1 mm d'un gradin à l'autre, et l'on a mesuré la dureté du métal sur chacun d'eux par la méthode de la bille de Brinell. On a pu ainsi mesurer la dureté en des points de la section transversale des barreaux distants de 1 mm l'un de l'autre et placés sur le même azimuth. Les résultats obtenus sont les suivants :

1° Barreau cimenté pendant 8 heures à 1 000° et trempé une seule fois (à 850°).

1 ^{er} gradin, c'est-à-dire surface même cimentée. . .	600
2 ^e — à 1 mm en dessous du précédent . . .	255
3 ^e — — — — — . . .	207
4 ^e — — — — — . . .	202
5 ^e — — — — — . . .	196
6 ^e — — — — — . . .	187
7 ^e — — — — — . . .	187
8 ^e — — — — — . . .	187
9 ^e — — — — — . . .	187
10 ^e — — — — — . . .	187
11 ^e — — — — — . . .	187
12 ^e , axe du barreau — — — — — . . .	187

2° Barreau cimenté pendant 8 heures à 1 000° et trempé deux fois.

1 ^{er} gradin, c'est-à-dire surface même cimentée. . .	512
2 ^e — à 1 mm en dessous du précédent . . .	217
3 ^e — — — — — . . .	183
4 ^e — — — — — . . .	179
5 ^e — — — — — . . .	179
6 ^e — — — — — . . .	174
7 ^e — — — — — . . .	166
8 ^e — — — — — . . .	166
9 ^e — — — — — . . .	166
10 ^e — — — — — . . .	166
11 ^e — — — — — . . .	166
12 ^e , axe du barreau — — — — — . . .	166

On voit la décroissance rapide de la dureté dès qu'on est à 5 mm en dessous de la surface cimentée; à partir du sixième ou du septième gradin, c'est-à-dire à 5 à 6 mm de la surface, on a une dureté constante et la même que dans l'axe de la barrette. L'acier n'a donc subi aucune modification à partir de ces distances; la carburation s'est arrêtée à 6 à 7 mm. Mais, en réalité, ainsi que nous l'avons dit lors de l'examen microscopique, il ne faut compter que sur le 1^{er} mm pour la dureté qui est nécessaire à la bonne utilisation de la pièce cimentée.

II. — Examen des propriétés mécaniques du métal de l'âme des barreaux cimentés.

Nous avons déjà montré que l'âme des barreaux de l'acier Beguin frères avait une texture variable avec les temps et températures de cimentation et avec les opérations de trempé. Les cassures, les pliages, les photomicrographies étaient en parfaite concordance à ce point de vue. Mais il faut bien reconnaître que nous n'avons eu, avec ces données, aucun chiffre précis; nous n'avons fait jusqu'à présent que de l'analyse qualitative, pourrait-on dire, au sujet de ces âmes; il importe maintenant de faire de l'analyse quantitative.

Nous n'avons aucune peine à y parvenir; il suffit d'isoler ces âmes et d'en déterminer les propriétés mécaniques. Celles-ci ont

la plus grande importance pour l'utilisateur de l'acier cimenté, qui a besoin d'un métal dur à la surface, il est vrai, mais souple et tenace à l'intérieur. La couche dure superficielle est malheureusement incapable de se déformer sous l'effet des sollicitations mécaniques, elle se rompt dès qu'on la sollicite trop. Si le métal sous-jacent n'est pas susceptible de bien résister mécanique-

TABLEAU I. — ESSAIS DE TRACTION.

Diamètre des barrettes 13mm,8.
Longueur de mesure de l'allongement. . . 100mm,0.

TRAITEMENT DE LA BARRE PRIMITIVE	LIMITE apparente d'élasticité kg/mm ²	CHARGE maximum dite de rupture kg/mm ²	ALLONGEMENT à la rupture %	STRICTION $\frac{s-s_0}{s_0}$
Brute de laminage :				
1 ^{re} éprouvette . .	30,5	48,2	28,5	0,65
2 ^e éprouvette . .	33,1	48,2	28,0	0,65
Recuite à la volée, à 1 000° non cimentée :				
1 ^{re} éprouvette . .	33,8	47,5	29,5	0,65
2 ^e éprouvette . .	34,6	47,7	29,0	0,65
Recuite pendant 8 heures à 1 000°, refroidie len- tement dans une boîte pleine de cendres. Non cimentée :				
1 ^{re} éprouvette . .	25,0	46,2	30,0	0,60
2 ^e éprouvette . .	25,4	45,1	29,5	0,60
Cémentée pendant huit heures à 1 000°, écroû- tée et non trempée :				
1 ^{re} éprouvette . .	25,1	45,6	29,0	0,60
2 ^e éprouvette . .	23,2	44,6	29,5	0,60
Cémentée pendant huit heures à 1 000°, trem- pée une fois (850°), puis écroûtée :				
1 ^{re} éprouvette . .	43,3	64,3	18,0	0,65
2 ^e éprouvette . .	39,0	63,6	19,0	0,65
Cémentée pendant huit heures à 1 000°, trem- pée deux fois, puis écroûtée :				
1 ^{re} éprouvette . .	37,4	58,5	24,0	0,65
2 ^e éprouvette . .	39,8	59,7	24,0	0,70
Non cimentée. Recuite pendant huit heures à 1 000°, trempée une fois :				
1 ^{re} éprouvette . .	44,7	68,3	15,5	0,55
2 ^e éprouvette . .	45,3	67,0	17,0	0,55
Non cimentée. Recuite pendant huit heures à 1 000°, trempée deux fois :				
1 ^{re} éprouvette . .	37,4	58,5	24,0	0,70
2 ^e éprouvette . .	38,4	59,5	24,0	0,70

ment, de se déformer, même avec une fissuration de la couche dure, la sécurité de la pièce cimentée est précaire et l'on doit proscrire soit l'acier, soit le mode de cimentation qui aboutissent à ce résultat déplorable.

Par contre, tout métal qui, après cimentation et trempé, peut se déformer grâce à la ténacité et à la malléabilité de sa partie interne, doit retenir immédiatement l'attention.

Il importe donc de chiffrer les propriétés mécaniques de cette partie interne en l'isolant du reste de la barre cimentée : c'est ce que nous avons fait.

Dans les barreaux ayant subi les mêmes opérations de cimentation, de non-cémentation à 1 000° pendant huit heures et de trempé dont il a été question plus haut, nous avons prélevé, après

écrouissage à la meule humide des barrettes cimentées : 1° des éprouvettes de traction cylindrique ayant comme axe l'axe de ces barreaux et ayant comme diamètre 13^{mm},8, c'est-à-dire constituées par la partie des barreaux dans laquelle la cimentation ne s'était pas du tout exercée, si l'on s'en rapporte aux déterminations de la diffusion de la carburation par la méthode des éprouvettes à gradins ;

2° des barrettes prises immédiatement à la suite des précédentes dans l'axe des barres primitives et qu'on a entaillées d'un trait de scie, comme il est dit plus loin, pour la rupture par choc. Les résultats obtenus dans ces essais sont mentionnés au Tableau I.

Toutes les éprouvettes précédentes se sont rompues normalement. Des résultats précédents, on peut conclure ce qui suit :

1° L'acier examiné est compris entre l'acier doux et l'acier mi-dur. C'est une excellente chose, car son âme est plus tenace que celle de l'acier extra-doux généralement employé, sans qu'elle soit fragile. Disons que, malheureusement, tous les aciers ne répondent pas à cette conclusion.

2° Le recuit lent dans la cendre est un peu moins funeste que la cimentation, bien que les effets des deux opérations soient très rapprochés, et se manifestent dans les deux cas par un abaissement fort considérable de la limite élastique, notable de la charge de rupture et peu sensible de la striction.

3° La double trempe régénère complètement et même améliore l'âme des barrettes cimentées ; la simple trempe des barrettes produit un effet à peu près analogue d'ailleurs. Il suffit de comparer, pour s'en convaincre, les résultats des éprouvettes cimentées et non cimentées et trempées une ou deux fois. Ils sont à peu près identiques pour les opérations comparables.

Là encore, nous retrouvons ce qui a été dit plus haut sur l'excellence des trempes rationnelles pour la restauration des âmes des pièces cimentées.

ESSAIS DE BARREAUX ENTAILLÉS. — Toutes les barrettes essayées avaient 40 mm de longueur et une section rectangulaire de 10 mm X 8 mm ; elles portaient, en leur milieu et sur leur côté de 10 mm de largeur, une entaille de 1 mm de profondeur faite au moyen d'une scie de 1 mm d'épaisseur.

On les a placées sur deux appuis distants de 30 mm, et on les a frappées au moyen d'un mouton de 10 kg tombant de 4 m de hauteur, et muni d'une panne ayant un arrondi de 1^{mm},5 de rayon. La panne frappait les barrettes sur le côté opposé à l'entaille ; on a mesuré le travail exact pour la rupture.

Les résultats obtenus sont mentionnés au Tableau II.

Tous les barreaux précédents ont passé entre les appuis, sans que leurs morceaux se soient détachés complètement.

On remarquera, là encore, l'influence néfaste des longs chauffages sur l'acier : que ce soit sous l'effet d'un simple recuit dans la cendre ou d'un chauffage pour la cimentation, la résilience (ou résistance au choc) diminue considérablement (plus de 50 % par rapport au métal recuit à la volée). La simple trempe régénère déjà le cœur surchauffé des barreaux, mais la double trempe est encore plus favorable ; elle lui confère une résilience supérieure à celle provoquée par un recuit rapide avec refroidissement rapide, tel qu'un recuit à la volée qui, cependant, est reconnu comme une opération excellente. Ce sont là des faits en absolue concordance avec ce qui a été dit précédemment.

La fragilité provoquée par le long maintien du métal à une température élevée est donc heureusement anéantie par la double trempe.

Il faut reconnaître cependant que tous les aciers ne se comportent pas aussi bien que l'acier étudié ici, sous l'action des températures élevées maintenues longtemps. M. Guillet, l'un de ceux qui ont le mieux scruté ces phénomènes concomitants à la cimentation, indique, dans son étude intitulée : *Quelques observations théoriques et pratiques sur la « cimentation »*, présentée au dernier Congrès des Mines et de la Métallurgie de Dusseldorf,

qu'un acier recuit pendant huit heures à 1000° a eu sa résilience, primitivement de 28 kg, abaissée à 4 kg par ce recuit. C'est une perturbation beaucoup plus grave que pour l'acier objet de notre étude, dont la résilience était de 10 à 12 kg après un traitement identique.

M. Guillet nous dit dans la même étude :

« Examinons le cas des pièces cimentées à 1000°. Là, aucune hésitation n'est possible, l'âme est détériorée par le recuit, il faut opérer une régénération. Pour cela, puisque l'on est en présence d'un acier extra-doux, il faut faire une trempe au-dessus

TABLEAU II.

TRAITEMENT DE LA BARRETTE PRIMITIVE	TRAVAIL en kilogrammètres par centimètre carré de section à fond d'entaille	ÉPAISSEUR de la partie du barreau non rompue dans le choc
Brute de laminage :		mm
1 ^{re} éprouvette	14,0	2,2
2 ^e éprouvette	19,0	3,5
Recuite à la volée à 1000°, non cimentée :		
1 ^{re} éprouvette	21,0	2,5
2 ^e éprouvette	25,0	4,0
Recuite pendant huit heures à 1000°, refroidie lentement, non cimentée :		
1 ^{re} éprouvette	10,0	1,2
2 ^e éprouvette	12,0	1,5
Cémentée pendant huit heures à 1000°, écroulée et non trempée :		
1 ^{re} éprouvette	11,0	1,0
2 ^e éprouvette	11,0	1,0
Cémentée pendant huit heures à 1000°, trempée une fois, puis écroulée :		
1 ^{re} éprouvette	24,0	2,0
2 ^e éprouvette	18,0	2,5
Cémentée pendant huit heures à 1000°, trempée deux fois puis écroulée :		
1 ^{re} éprouvette	26,0	4,5
2 ^e éprouvette	26,0	4,2
Non cimentée. Recuite pendant huit heures à 1000°, trempée une fois :		
1 ^{re} éprouvette	17,0	2,0
2 ^e éprouvette	21,0	2,0
Non cimentée. Recuite pendant huit heures à 1000°, trempée deux fois :		
1 ^{re} éprouvette	23,0	2,0
2 ^e éprouvette	25,0	1,5

de son point de transformation le plus élevé, lequel est vers 850°. La pratique montre que la régénération est meilleure encore si l'on s'écarte assez fortement de cette température en l'augmentant, et l'on peut adopter 925 et même 975°. Nous expliquons ce fait en disant que la température de trempe élevée facilite l'homogénéisation de la solution fer et carbone. Cette trempe faite, l'âme présente une résilience excellente, souvent supérieure à sa valeur initiale, mais la périphérie, qui a été trempée à une température bien supérieure à son point de transformation, présente une martensite grossière et ne possède pas une dureté suffisante ; il faut donc une seconde trempe, dite de dureté, faite à 750°.

Nos résultats d'essai sont complètement d'accord avec cette interprétation des faits. Nos chiffres seuls diffèrent un peu de ceux de M. Guillet, mais ils sont la caractéristique personnelle.

pourrait-on dire, de l'acier étudié. Les lois générales ci-dessus exposées subsistent intégralement.

De même, nous avons constaté avec M. Guillet que la cémentation n'altère pas plus l'âme des barreaux d'acier que le recuit simple effectué pendant le même temps et à la même température. M. Guillet trouve des résiliences de 4 kg après des durées de six heures; l'acier Béguin frères donne 11 kg environ. C'est une question d'espèce qui a une valeur considérable pour l'industriel qui a à employer l'acier pour ses pièces, mais qui, au point de vue de l'étude des phénomènes examinés, n'intervient pas.

Nous sommes également d'accord avec M. Guillet pour reconnaître qu'une simple trempe ne suffit pas à régénérer le cœur des pièces cémentées. Nous l'avons assez bien démontré, pensons-nous, par nos précédents essais. On ne réalise l'homogénéité structurale satisfaisante que par une double trempe. Il est pos-

sible cependant qu'avec d'autres aciers que celui étudié, une simple trempe suffise à cette transformation. On ne saurait être trop prudent en une matière aussi délicate.

Nous croyons qu'il vaut mieux effectuer la deuxième trempe à 800° qu'à 750°, comme l'indique M. Guillet; on est plus sûr d'avoir bien transformé la couche carburée et on est encore loin d'obtenir une martensite grossière.

En résumé, nos résultats d'essais portant sur un acier répandu dans l'industrie et qui donne entière satisfaction à ses utilisateurs, confirment, en les précisant avec des documents variés se contrôlant mutuellement, tout ce qui a été invoqué en faveur des traitements thermiques spéciaux à appliquer pendant et après la cémentation des aciers pour en obtenir les meilleurs résultats⁽¹⁾.

Pierre BREUIL.

MÉTALLURGIE

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES TRAITEMENTS THERMIQUES⁽¹⁾

(Suite et fin.)

II. APERÇU SUR LES TENSIONS. — Ce qui a été dit sur les dilatations suppose implicitement que le corps chauffé ou refroidi est formé de couches successives infiniment minces, indépendantes les unes des autres, c'est-à-dire pouvant se dilater ou se contracter librement, en glissant en quelque sorte les unes sur les autres. En réalité, les couches sont solidaires, à cause de la cohésion du corps. Cette circonstance a pour effet de créer des tensions qui modifient encore la marche du phénomène.

Considérons une tranche infiniment mince distante de x de la face chauffée. Sur la face AB s'exerce une tension T (parallèle à la face chauffée); sur la face CD une tension $T + dT$. On a :

$$AB = l = l_0 + l_0 \lambda (V - V_0);$$

$$CD = l - dl = l_0 + l_0 \lambda (V - V_0) - l_0 \lambda \frac{\partial V}{\partial x} dx.$$

D'où l'on tire :

$$\frac{dl}{l_0} = -\lambda \frac{\partial V}{\partial x} dx;$$

$\frac{dl}{l_0}$ est la différence des allongements de l'unité de longueur des deux faces [si ces deux faces pouvaient se dilater indépendamment l'une de l'autre]. A cause de la cohésion du métal, la face CD tend à devenir de la même longueur que la face AB. Nous admettrons que les déformations restent élastiques, et que par suite la tension est proportionnelle à l'allongement unitaire. Nous aurons donc, en exprimant que la différence des tensions dT est proportionnelle à la différence des allongements unitaires :

$$\frac{dT}{M} = -\lambda \frac{\partial V}{\partial x} dx;$$

M étant le module d'élasticité du métal à la température V , module qui est une fonction de la température, d'ailleurs généra-

lement inconnue; désignons cette fonction par $M = \varphi(V)$. On a :

$$dT = -\lambda \varphi(V) \frac{\partial V}{\partial x} dx; \quad \text{d'où :} \quad T = \int_0^x -\lambda \varphi(V) \frac{\partial V}{\partial x} dx + A.$$

Pour une valeur donnée $t = \theta$, l'expression de T devient une fonction de x seul; mais on ne pourra pas, en général, calculer T , car on ne connaît pas la fonction : $\varphi(V)$.

A défaut d'une connaissance exacte de la loi de variation des tensions avec la profondeur, on peut se faire une idée approchée de l'allure de cette loi. On a, en effet :

$$\frac{dT}{dx} = -\lambda M \frac{\partial V}{\partial x}.$$

Pour l'acier : a) dans le cas d'un chauffage, si V_1 est une température élevée, M diminue à mesure que l'on s'approche de V_1 . La tension d'une couche à l'autre croîtra moins vite que la température; b) dans le cas d'un refroidissement; soit, par exemple, $V_0 = 900^\circ$ température initiale; $V_1 = 15^\circ$ température finale. A partir d'une certaine température, M augmente quand V diminue. Dans le voisinage de la face maintenue à $V_1 = 15^\circ$, M joue le rôle d'une cause augmentant l'effet de la variation de V . Dans la région qui se refroidit la première, les tensions augmenteront plus vite que ne diminueront les températures.

Il y a donc une grande différence, au point de vue des tensions, entre le réchauffage d'une pièce métallique et son refroidissement d'un même nombre de degrés, le milieu chauffant ou refroidissant étant d'ailleurs le même. Les tensions développées dans les couches superficielles sont plus intenses et varient plus brusquement d'une couche à l'autre dans le cas du refroidissement.

En chaque point la tension varie à chaque instant, car elle est fonction de V et de $\frac{\partial V}{\partial x}$ qui varient avec le temps.

DÉFORMATIONS PERMANENTES PRODUITES PAR LES TENSIONS. — On a supposé, dans ce qui précède, que les tensions ne dépass-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 8 (août 1914), p. 437, et n° 9 (septembre 1914), p. 492.

(1) Nous sommes heureux d'exprimer à MM. Béguin frères, notre reconnaissance pour l'amabilité et l'empressement qu'ils ont mis à nous faciliter l'examen un peu approfondi de cette question de grande importance.

saient pas la limite élastique du métal. Cela n'est vrai que si l'écart $V_1 - V_0$ n'est pas trop grand. Dans le cas contraire, les réactions mutuelles des couches voisines arrivent à produire des déformations en partie permanentes.

a) Dans le cas du réchauffage brusque, il se produira donc un écoulement interne accentué surtout dans les couches superficielles. Si $\frac{dT}{dx}$ atteint en un point donné une valeur suffisante, il y aura rupture (tapure de réchauffage). La rupture se produira plus facilement, toutes choses égales d'ailleurs, pour les aciers qui ont le moins d'allongement de striction et dont la limite élastique est plus rapprochée de la charge de rupture.

b) Dans le cas du refroidissement brusque, les tensions peuvent être assez grandes pour produire des allongements permanents qui suppriment partiellement la contraction, surtout dans les couches superficielles. Un élément parallèle à la face refroidie et qui devrait avoir pour longueur normale l_1 , aura en réalité une longueur finale : $L_1 > l_1$, après refroidissement complet de la pièce à V_1 . Cet élément a éprouvé une distension permanente $\alpha = \frac{L_1 - l_1}{l_1}$ par unité de longueur. Cette distension permanente

ne correspond pas nécessairement à la tension maximum subie par l'élément au cours de son refroidissement ; car la tension maximum peut se produire à une température où le métal possède une élasticité suffisante pour supporter des déformations élastiques relativement élevées. On peut admettre que, pour un métal déterminé, il existe une ou plusieurs zones de températures correspondant à un minimum d'élasticité. La distension permanente serait déterminée dans chaque couche, par la tension correspondant aux valeurs de $M = \varphi(V)$ et de $\frac{\partial V}{\partial x}$ au moment où cette couche traverse une de ces zones. Comme dans le cas du réchauffage, il pourra se produire des ruptures par excès de tension (tapures de tremp). Comme on l'a vu précédemment, le passage des différentes couches par une même température V se fait avec des valeurs de $\frac{\partial V}{\partial x}$ variables avec la profondeur et décroissant rapidement avec cette profondeur. La distension permanente des couches superficielles sera donc beaucoup plus forte que celle des couches profondes, laquelle pourra même être nulle, si l'épaisseur de la pièce est suffisante et pour des valeurs convenables de V_1 et V_0 .

L'effet final des distensions permanentes est :

1° De produire une augmentation du volume extérieur d'une pièce métallique brusquement refroidie ;

2° De créer des tensions internes entre les couches successives, normales à leurs surfaces. Considérons, par exemple, une sphère en acier trempé. Soient deux couches infiniment voisines dont les rayons seraient normalement x et $(x + dx)$, à la température finale V_1 .

Par suite de la distension permanente, ces rayons sont, en réalité :

$$x(1 + \alpha) \quad \text{et} \quad (x + dx)(1 + \alpha + \frac{\partial \alpha}{\partial x} dx),$$

α étant la distension unitaire d'un élément pris sur la sphère de rayon x .

La distension subie par dx est donc :

$$\Delta(dx) = \left[(x + dx)(1 + \alpha + \frac{\partial \alpha}{\partial x} dx) - x(1 + \alpha) \right] \\ - dx = \alpha dx + x \frac{\partial \alpha}{\partial x} dx,$$

en négligeant le terme en dx^2 .

La distension unitaire suivant le rayon est donc, en un point de la sphère de rayon x :

$$\beta = \frac{\Delta(dx)}{dx} = \alpha + x \frac{\partial \alpha}{\partial x}.$$

α et $\frac{\partial \alpha}{\partial x}$ croissent rapidement quand on s'approche de la surface extérieure, β croîtra donc très rapidement. Ces distensions radiales engendrent des tensions radiales variables avec la profondeur et croissant rapidement au voisinage de la surface.

Un corps métallique trempé est donc dans un état d'équilibre interne anormal. On peut le concevoir comme le contraire d'un système fretté. C'est un système continu de couches infiniment minces agissant comme des « frettes négatives », c'est-à-dire dont chacune exerce sur la couche intérieure contiguë une traction au lieu d'une compression. Les « serrages négatifs » vont en augmentant de l'intérieur vers l'extérieur.

INFLUENCE DES POINTS DE TRANSFORMATION SUR LES TENSIONS.

— On sait que dans l'acier, le passage par un point de transformation se fait, à l'échauffement, avec absorption de chaleur et, au refroidissement, avec dégagement de chaleur. Le passage des couches successives par un point de transformation apportera donc des modifications aux phénomènes de dilatation ou de contraction et aux tensions qui en résultent.

Soit $V(x, \theta)$ la courbe représentative des variations de V en fonction de la profondeur x , à un instant donné θ du phénomène de chauffage, s'il n'y avait pas de point de transformation [courbe en pointillés]. S'il existe entre V_1 et V_0 un point de transformation au refroidissement, il existe à l'instant θ une certaine couche ($abcd$) en train de se transformer. La courbe réelle (courbe en trait plein) présente, entre ab et cd , un palier. D'après ce qui a été dit précédemment sur la proportionnalité entre les valeurs de $\frac{dT}{dx}$ et celles de $\frac{\partial V}{\partial x}$, on voit que la zone comprise entre ab et cd est une zone de tensions à peu près uniformes ; mais, dans le voisinage immédiat des faces ab et cd , les variations de V et, par suite, celles de la tension d'une couche à l'autre, pourront être plus rapides que s'il n'y avait pas de transformation.

L'existence d'un point de transformation à l'échauffement entraîne la formation d'une zone de tensions uniformes bordée par deux zones où les tensions varient brusquement. L'ensemble se déplace au cours du chauffage en partant de la surface chauffée. Il n'est pas impossible qu'avec certains métaux, surtout ceux qui ont des points de transformation à température relativement basse (aciers au carbone durs et certains aciers spéciaux), ce phénomène contribue à la formation de tensions locales excessives entraînant des tapures de réchauffage. Le phénomène possède d'ailleurs une intensité maximum dans les régions superficielles où le palier de la courbe V est plus brusque et la zone en transformation moins épaisse.

On verrait de la même manière que le passage par un point de transformation au refroidissement correspond à l'existence d'un palier ou même d'un crochet ascendant dans la courbe $V(x, \theta)$. Le crochet correspond au phénomène de la recalcence.

La zone en transformation est encore formée d'une région

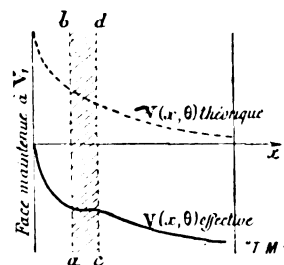


FIG. 12.

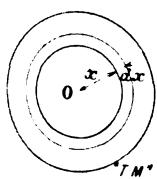


FIG. 11.

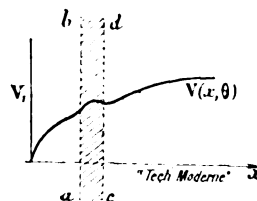


FIG. 13.

centrale à tensions à peu près uniformes, encadrée de deux régions où les tensions varient brusquement. Les effets du phénomène, au point de vue des tensions, sont encore plus accentués que dans le cas de l'échauffement, parce que les points critiques au refroidissement ont lieu à des températures plus basses. L'érouissage interne sera d'autant plus énergique et les chances de rupture d'autant plus grandes (tapures de trempe), que le point de transformation est à une température plus basse où le métal est moins malléable.

Quand les conditions de refroidissement sont telles que la transformation puisse s'opérer dans toutes les couches, il semble que l'on puisse considérer le phénomène comme un facteur d'augmentation de volume de l'ensemble de la pièce. Toutes choses égales d'ailleurs, le volume final sera plus considérable que s'il n'y avait pas eu de transformation.

Si le refroidissement est suffisamment rapide, la transformation sera supprimée plus ou moins complètement, dans les couches superficielles, jusqu'à une certaine surface intérieure S' qui est la limite de trempe sensible. Les couches comprises entre S et S' seront, dans leur ensemble, contractées relativement à l'ensemble des couches intérieures à S' . On conçoit que, pour des métaux particuliers et dans certaines conditions déterminées, les effets combinés de cette contraction relative et de la dilatation

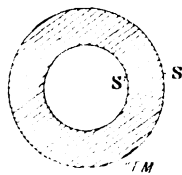


Fig. 14.

des couches internes puissent laisser invariable le volume extérieur. (Expériences de M. Brayshaw sur des aciers à $C = 1,2\%$, Tungstène $= 0,5\%$, trempant sans déformation; expériences mentionnées par M. L. Guillet.)

Quoi qu'il en soit, au moment où les couches intérieures à S' et voisines de S' passent par le point de transformation, elles exercent sur les couches trempées un effet de mandrinage. A la limite de la partie atteinte par la trempe, il existera donc une zone où naissent des tensions spéciales. C'est une région de fortes tensions et de fort érouissage.

III. — Résumé et Conclusions.

En terminant cette étude trop incomplète, nous voudrions rappeler les principaux résultats qui s'en dégagent et surtout indiquer l'idée d'ensemble dont elle s'inspire. Nous sommes partis de la théorie classique de la propagation de la chaleur, appliquée à un cas particulièrement simple, celui du mur. Nous en avons déduit quelques règles relatives à la variation de la

température et notamment celle que nous avons appelée : la loi du carré des profondeurs. Evidemment, ces lois ne s'appliquent en toute rigueur qu'à la forme géométrique particulière qui a servi à les établir. Pour des corps de formes géométriques plus compliquées, les lois correspondantes sont plus complexes, au point de vue analytique; mais elles se rapprocheront toujours plus ou moins de celles que nous avons énoncées, dans leur allure générale.

Les règles formulées dans cette étude doivent donc être considérées, dans le cas général, comme des indications quantitatives sur l'importance des variations de la température et de la vitesse de variation de cette température avec le temps et avec la profondeur. A ce titre, elles sont propres à mettre en évidence l'influence considérable des conditions de chauffage ou de refroidissement, et surtout celle des dimensions des pièces sur tous les phénomènes physiques ou chimiques corrélatifs des traitements thermiques. Elles aident à comprendre comment les résultats tirés des expériences faites dans un laboratoire sur de petits échantillons ne peuvent pas, en général, être transportés sans des précautions spéciales dans le domaine industriel. Pour être utilisés d'une manière rationnelle dans l'élaboration des produits métallurgiques de grandes dimensions, ces résultats ont besoin d'une interprétation qui tienne compte de ces facteurs spéciaux d'une grande importance pratique : le temps et la vitesse de variation de la température.

L'aperçu que nous avons donné sur les tensions et les dilations est une application des règles générales à une des catégories de phénomènes corrélatifs des traitements thermiques. Nous n'avons pas tenté d'analyser exactement les phénomènes de tension dans toute leur complexité. Dans l'état actuel des connaissances sur la question, une telle analyse apparaît comme très difficile et peut être impossible, faute de données expérimentales suffisantes. Notre exposé n'a pas d'autre prétention que celle-ci : essayer de dégager, d'une analyse sommaire des phénomènes, une notion un peu plus nette des tensions internes et des causes qui les provoquent. Nous n'avons pas développé les considérations relatives à l'influence des formes, et en particulier des formes anguleuses. Leur rôle est très intéressant au point de vue pratique. La théorie analytique de la propagation de la chaleur, jointe aux considérations générales sur les tensions que nous avons exposées, permettrait facilement de se rendre compte de cette influence, pour des pièces de formes géométriques relativement simples.

M. A.,

Ancien élève de l'École Polytechnique.

CHIMIE INDUSTRIELLE

LA FABRICATION DES EXTRAITS TANNIQUES

LEUR ANALYSE ET LEUR EMPLOI

Le développement considérable des méthodes de tannage mixte et de tannage rapide⁽¹⁾, c'est-à-dire des méthodes dans lesquelles on fait usage de solutions tanniques concentrées, a déterminé un développement parallèle dans l'industrie des extraits.

Les deux fabrications les plus importantes se rapportent au traitement du châtaignier et du quebracho; ce sont les seules que nous examinerons dans cet article. Elles ont toutes deux

pour but de séparer le tanin de ces bois sous forme de solutions aqueuses qui sont ensuite soumises à la concentration dans le vide.

I. — Fabrication de l'extrait de châtaignier.

Les usines fabricant l'extrait de châtaignier sont généralement installées dans les zones de grande production du bois. La France est, de beaucoup, le premier producteur d'extrait de châtaignier

(1) Ces méthodes seront étudiées dans une série d'articles ultérieurs.

et les usines sont principalement localisées dans les Pyrénées, le Tarn, la Corse, l'Ardèche, la Savoie, le Cantal, la Lozère, la Corrèze, le Gard, la Dordogne, la Bretagne.

Après la France vient l'Italie et enfin l'Espagne.

En raison de l'activité des usines françaises, il y aurait lieu de se préoccuper du reboisement des châtaigneraies, non seulement en vue de la continuité dans la fabrication de l'extrait, mais encore en vue de la régularisation du régime des cours d'eau dans ces régions; malheureusement, aucun effort sérieux n'a été fait dans ce sens. D'ailleurs, des maladies très graves activent encore la disparition de cet arbre⁽¹⁾.

On estime, pour la France, à 600 000 t la consommation annuelle du bois de châtaignier des trente usines d'extraits, dont la production totale annuelle dépasse 40 millions de fr.

En Corse, la question du déboisement des châtaigneraies est de toute première importance, puisqu'il existe sur la côte orientale, à l'heure actuelle, quatre usines⁽²⁾ qui amènent journellement dans le port de Bastia 300 à 400 fûts d'extrait à 25° B.

La fabrication des extraits tanniques exige l'emploi de bois de bonne qualité et provenant du tronc ou de fortes branches; les bois morts, pourris ou provenant de petites branches, ne donnent que des extraits inférieurs, généralement consommés dans la teinture de la soie en noir sous le nom de *gallique*.

Le bois est acheté par les fabricants aux propriétaires soit à la tonne, soit au stère (450 kg environ); les prix d'achat, qui n'atteignaient guère que 15 fr la tonne, il y a une dizaine d'années, ont monté très rapidement depuis et dépassent 20 fr.

Le bois de châtaignier fraîchement abattu contient 75 % d'eau; après écorçage et fente, sa teneur en eau diminue rapidement et, après quelques mois, elle tombe à 35 %. La richesse tannique varie avec l'origine du bois, son âge et sa teneur en eau; on peut admettre une teneur moyenne de 10 %. Les bois écorcés ont des teneurs généralement supérieures.

À côté du tanin, le châtaignier renferme, de même que toutes les matières tannantes, une certaine proportion de substances « sucrées » susceptibles de se transformer en acides organiques par fermentation; ces matières sucrées n'existent qu'en assez faibles quantités dans le bois de châtaignier: aussi les jus qu'il fournit « aigrissent » peu après fermentation.

L'approvisionnement d'une usine se fait d'une année à l'autre, le stock est amassé dans des chantiers non couverts en tas de 400 à 500 t. Il sèche et c'est alors que sa teneur s'abaisse dans des conditions indiquées précédemment.

DÉCOUPAGE DES BOIS. — Le bois de châtaignier est amené du chantier sur des wagonnets roulant sur voie ferrée jusqu'à l'atelier des découpeuses. Il est alors en bûches de 1 m de long sur 20 à 30 cm de diamètre.

Ces découpeuses se composent essentiellement (fig. 1) d'un tambour tournant portant des couteaux triangulaires solidement implantés dans le tambour. Le bois est placé dans une auge, inclinée de telle sorte qu'il est amené automatiquement à l'action des couteaux sans qu'il soit nécessaire de le pousser. On obtient ainsi des copeaux découpés perpendiculairement à la direction

des fibres. Une découpeuse de 25 HP peut débiter jusqu'à 2 000 kg de bois à l'heure.

EXTRACTION DES BOIS. — L'extraction des bois peut se faire soit à l'air libre, soit sous pression; ce dernier système est

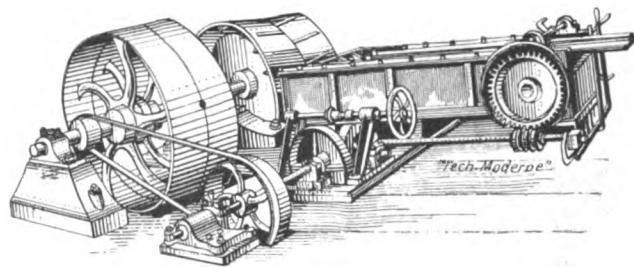


FIG. 1. — Ensemble de la découpeuse pour le bois.

presque universellement adopté, car il permet une extraction plus complète du bois. Il faut cependant reconnaître que l'extraction sous pression entraîne non seulement la dissolution du tanin, mais encore celle de substances pectiques et résineuses augmentant la proportion des non-tanins de l'extrait.

Les prix auxquels sont tombés actuellement les extraits tanniques ne permettent guère d'utiliser avec profit l'extraction en cuve ouverte qui fournissait des produits de tout premier choix. Nous ne décrirons donc que l'extraction sous pression en autoclave.

On fait usage, dans ce cas, d'autoclaves constitués par des cylindres de cuivre timbrés à plusieurs kilogrammes.

Ils sont pourvus (fig. 2) d'un tube d'arrivée d'eau à la partie supérieure et d'un tube d'arrivée de vapeur à la partie inférieure.

L'échappement de la vapeur se produit par l'intermédiaire d'un tube placé à la partie supérieure.

Le bois est chargé par le haut de l'autoclave et se décharge par le bas; pour cela, l'autoclave est pourvu de tampons à fermeture hermétique et à manœuvre facile.

Ces appareils sont disposés en batteries de 4, 5, 6 appareils (fig. 3) dont la capacité est en moyenne de 100 hl pouvant contenir 3 à 4 t de bois et fournir 5 à 6 000 litres de bouillon.

Le bois débité est élevé par une noria B (fig. 4) sur un plancher Q établi au-dessus des cuves de macération C. Ce plancher est percé d'ouvertures disposées en regard de chacun des autoclaves, avec lesquels elles sont reliées par l'intermédiaire de cylindres de toile; ceux-ci sont utilisés pour la charge des cuves, chaque fois que cela est nécessaire.

Chaque autoclave reçoit sa charge de bois, et, par l'intermé-

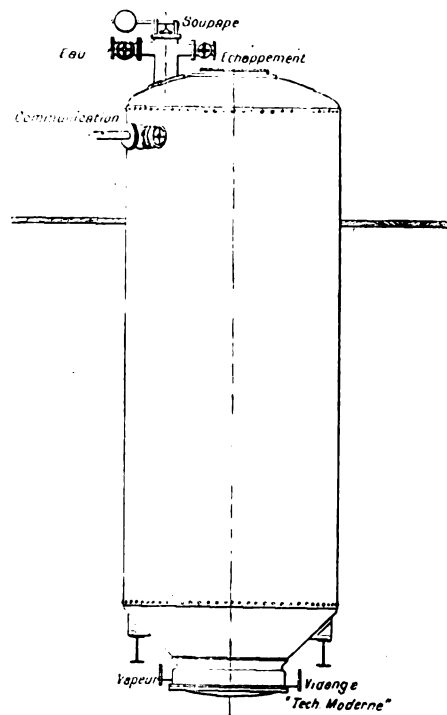


FIG. 2. — Autoclave pour l'extraction.

(1) Voir DE SEYNES: De la maladie des châtaigniers appelée maladie de l'encre. *Comice agricole de l'arrondissement du Vigan*, sept. 1889.

DELACROIX: La maladie des châtaigniers en France. *Bull. de la Soc. myc. de France*, t. XIII, 4^e fasc., 1897.

PRILLEUX: La maladie des châtaigniers, dite Le Javart. *Journ. d'agric. prat.*, 1893, p. 139.

Rapport sur la maladie des châtaigniers en Bretagne. *Bull. du Minist. de l'Agric.*, 1894, n° 8.

Craté: Rapport sur les maladies des châtaigniers dans les Cévennes. *Bull. du Minist. de l'Agric.*, 1895, n° 7.

(2) Usines de Casamozza, de Barchetta, de Champlan et de Folelli. La première appartient à MM. J. Levinstein, de Berlin; les trois autres sont la propriété de la Société anonyme des Usines de Champlan.

diaire du tube *c*, une quantité d'eau égale à une fois et demie le poids du bois.

L'extraction se fait à la température de 115°; il suffit pour cela d'envoyer dans la cuve de la vapeur amenée au moyen du tube de distribution *a*; la durée de chaque contact entre un jus et un bois neuf ou épuisé varie d'une demi-heure à trois quarts d'heure.

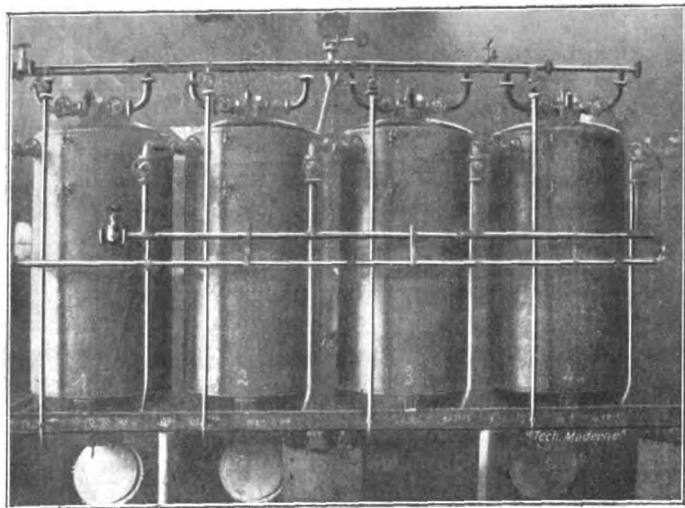


FIG. 3. — Batterie d'autoclaves.

L'épuisement est conduit d'une façon méthodique, c'est-à-dire que, la fabrication étant amorcée, les jus passent successivement sur des bois de plus en plus riches, pour finir par une cuve contenant du bois neuf.

Si nous supposons que l'on ait, par exemple, une série de cinq autoclaves et que l'on en soit arrivé au chargement de la cuve 2

Alimentation en eau pure de la cuve 3;
Vidange au collecteur de la cuve 2 dès l'achèvement de l'alimentation de la cuve 3;

Passage du jus de la cuve 1 dans la cuve 2;

— — 5 — 1;

— — 4 — 5;

— — 3 — 4;

Déchargement de la cuve 3;

Chargement de la cuve 3, et ainsi de suite.

Le passage des jus d'une cuve dans l'autre se fait par l'intermédiaire des tubes de vidange *g*, du collecteur de vidange *ii*, qui sont pourvus de robinets convenablement disposés : on détermine le mouvement des jus par différence de pression. Lorsque le passage doit s'effectuer de la dernière à la première cuve, on utilise le tube de retour *j*.

Les bois épuisés et déchargés par le tampon inférieur sont conduits aux générateurs de vapeur par des chaînes à godets pour être brûlés dans des foyers spéciaux, comme le four gazogène Bonnet-Spazin.

Ce four se compose essentiellement (fig. 5) d'un foyer *A*, sur lequel tombe automatiquement le bois épuisé qui est entassé humide sur la trémie *E*; le foyer communique avec une chambre de combustion *B*, munie d'un évent *G* par lequel est appelé l'air nécessaire à la combustion des gaz prenant naissance dans le foyer. Les gaz chauds viennent ensuite au contact des générateurs et s'échappent enfin par une cheminée d'appel pourvue d'un registre pour régler le tirage. Le bois humide ferme les trémies par suite

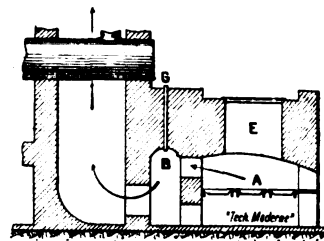


FIG. 5. — Dispositif du four gazogène pour la combustion du bois épuisé.

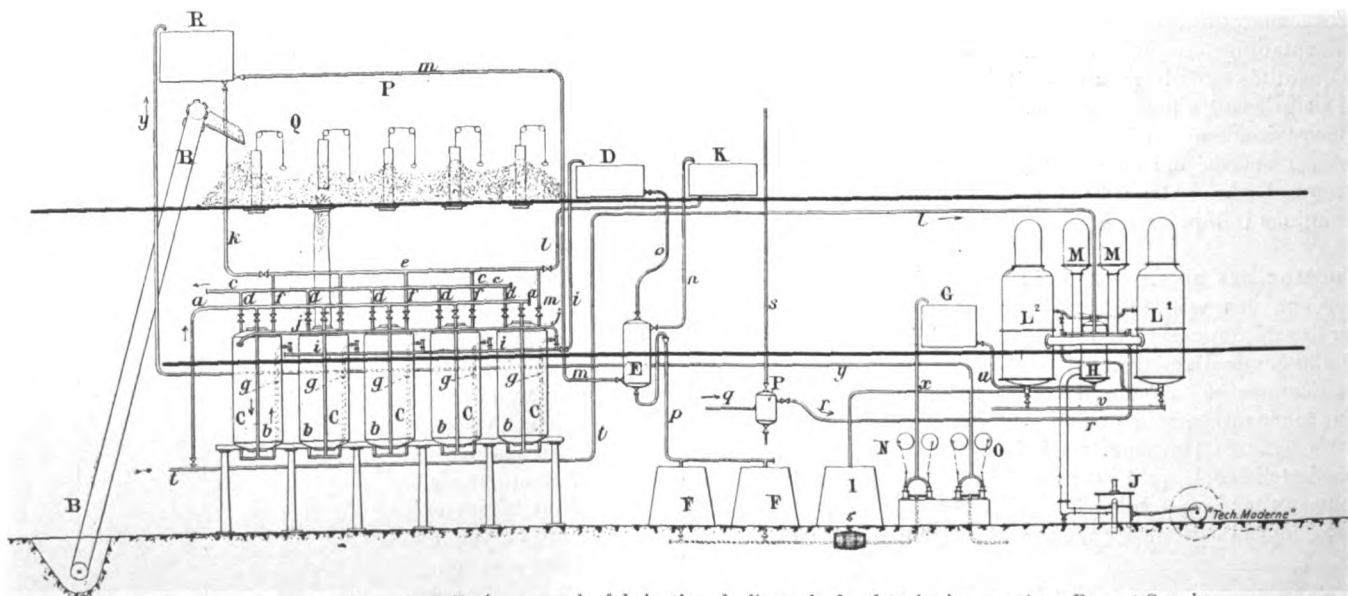


FIG. 4. — Schéma d'une installation pour la fabrication de l'extract de châtaignier, système Bonnet-Spazin.

avec du bois neuf, les opérations, au nombre de douze, se succèdent dans l'ordre suivant (1) :

Chargement de la cuve 2;

Passage du jus de la cuve 1 dans la cuve 2;

— — 5 — 1;

— — 4 — 5;

— — 3 — 4;

de son agglomération; il tombe sur le foyer au fur et à mesure qu'il se dessèche. D'après Noyer (1), 1 kg de copeaux épuisés à 60 % ou 62 % d'humidité fournit 1 kg 400 de vapeur.

(A suivre.)

L. MEUNIER,

Docteur ès Sciences,
Chargé de Cours à l'Université de Lyon.

(1) D'après NOYER : *Industrie chimique des bois*.

(1) *Loc. cit.*

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

AÉRODYNAMIQUE

Au sujet d'une explication du vol des oiseaux.

Peut-on arriver à la sustentation absolue en imprimant des battements à une partie de la masse d'un parachute, et ce mode de sustentation est-il plus économique que celui de l'orthoptère?

Telle est la question que le capitaine Etévé a résolue dans le sens le plus affirmatif pour expliquer le vol des oiseaux, en invoquant d'ailleurs les lois de la résistance de l'air relatives au mouvement uniforme (1).

Si de pareilles conclusions sont exactes, nous arriverons à des résultats encore plus avantageux en supposant que la masse de la surface résistante soit négligeable devant celle de la partie mobile. Dans ce cas purement fictif, le parachute prend instantanément la vitesse de régime qui correspond à l'effort momentané qu'il subit et il passe sans transition d'une vitesse à une autre quand cet effort varie. On se trouve ainsi dans le cas limite idéal qui réaliserait le rendement maximum.

Dans le même ordre d'idées, nous supposons que l'accélération de la masse mobile prenne successivement deux valeurs constantes pendant une période.

CONDITIONS DE PÉRIODICITÉ. — Les hypothèses précédentes nous permettent de représenter le mouvement des deux parties du parachute (surface résistante et masse mobile) pendant une période par le diagramme de la figure 1, en rapportant ces or-

FIG. 1. — Diagramme d'une période. — abc , diagramme de la masse mobile; de/gh , diagramme du parachute proprement dit.

On observera que la périodicité exige : 1° que dans chaque diagramme les vitesses extrêmes soient les mêmes et 2° que l'espace parcouru soit algébriquement nul, ce qui entraîne les conditions

$$u' = -u, \\ \text{aire } odek = \text{aire } h/gl.$$

Les droites ab , bc ont respectivement pour coefficients angulaires $-\gamma$ et $+\gamma'$.

ganes à un point fixe et prenant pour sens positif des vitesses celui de la pesanteur.

(1) Le capitaine Etévé a développé cette théorie dans un article intitulé : « Le secret du vol des oiseaux » (*Technique Aéronautique*, 1^{er} avril 1910).

Sous la dénomination de battements, l'auteur désigne un mouvement périodique dans lequel il distingue quatre phases d'après le sens de la variation de la vitesse; mais si l'on considère les accélérations, ces quatre phases se réduisent à deux pendant lesquelles les accélérations imprimées à la masse sont de sens inverses.

Un battement avantageux au point de vue de l'application envisagée serait constitué comme il suit :

1^{re} phase : Durée très courte. Accélération très grande et dirigée vers le haut.

2^e phase : Durée relativement longue. Accélération relativement faible et dirigée vers le bas.

Les oscillations de la masse détermineraient par inertie des mouvements inverses de la surface résistante, et on pourrait ainsi ralentir indéfiniment la descente du parachute jusqu'à la sustentation complète.

Le cas du ralentissement simple a été examiné par le capitaine Pa-gzy, qui est arrivé à des conclusions sensiblement différentes de celles du capitaine Etévé.

La vitesse de la masse mobile m revenant à sa valeur initiale au bout d'une période, les deux valeurs successives de l'accélération sont nécessairement des signes contraires et nous avons comme première condition de périodicité :

$$(1) \quad \gamma\tau = \gamma'\tau'$$

en désignant par : $-\gamma$, $+\gamma'$, les deux valeurs successives de l'accélération et par τ et τ' les deux phases correspondantes de la période.

Dans la première phase, le parachute est soumis à deux forces :

$$\begin{array}{ll} \text{Poids de la masse mobile} & \dots\dots\dots + p \\ \text{Force d'inertie de la masse mobile} & \dots\dots\dots + m\gamma \end{array}$$

qui sont dirigées vers le bas, et il prend une vitesse constante dont la valeur v satisfait à la relation d'équilibre :

$$(2) \quad Av^2 = p + m\gamma.$$

Dans la deuxième phase, les forces qui agissent sur le parachute :

$$+ p - m\gamma'$$

sont encore constantes, mais de signes contraires. Sa vitesse v' sera constante et comme elle doit être négative pour que le chemin parcouru pendant la période soit nul, il faut que l'on ait :

$$(3) \quad m\gamma' > p$$

$$(4) \quad v\tau = v'\tau'.$$

Sous cette réserve, la vitesse v' est donnée par la relation d'équilibre :

$$(5) \quad Av'^2 = m\gamma' - p \quad (1).$$

En éliminant v , v' , τ , τ' entre les équations précédentes, nous obtenons la condition :

$$(6) \quad \sqrt{\frac{p+\gamma}{\gamma}} = \sqrt{\frac{\gamma'-p}{\gamma'}}$$

qui relie uniquement γ et γ' et nous avons en définitive deux conditions (4) et (6) entre les paramètres du mouvement :

$$\gamma\gamma' \frac{\tau}{\tau'}.$$

Un seul de ces trois paramètres peut donc être pris arbitrairement.

TRAVAIL A DÉVELOPPER. — Ce travail peut être décomposé en deux parties :

1° Celui qui est employé à déplacer la masse mobile par rapport à l'origine fixe ;

2° Celui qui est employé à déplacer le parachute par rapport à la même origine.

Le premier travail est nul dans chaque phase, puisque la force est constante et que le chemin parcouru (aire du diagramme relative à la masse mobile) est nul.

Le deuxième travail a pour expression :

$$T = (p + m\gamma)v\tau + (m\gamma' - p)v'\tau' \quad \text{[en vertu de la relation (4)]}$$

$$= m(\gamma + \gamma') \sqrt{\frac{p + m\gamma}{A}} \tau \quad - \quad - \quad (2)$$

$$(7) \quad T = m\gamma'(\tau + \tau') \sqrt{\frac{p + m\gamma}{A}} \quad - \quad - \quad (1).$$

(1) Nous supposons que le coefficient de résistance A est le même

Dans le cas de l'orthoptère, le travail à développer pendant le même temps aurait pour valeur :

$$T' = p \sqrt{\frac{p}{A}} (\tau + \tau').$$

Ce qui donne :

$$(8) \quad \frac{T}{T'} = \frac{\gamma'}{\gamma} \sqrt{1 + \frac{\gamma}{\gamma'}}.$$

DISCUSSION. — Nous avons vu que la périodicité exige la condition (3) qui peut s'écrire : $\gamma' > g$.

D'après cette inégalité, l'expression (8) montre que le travail T est toujours supérieur à T' .

Pour préciser la comparaison de ces deux travaux, cherchons dans quelles conditions le rapport $\frac{T}{T'}$ sera minimum. Cela revient à déterminer le minimum de l'expression :

$$\gamma' \sqrt{g + \gamma}$$

sachant que γ et γ' satisfont à la relation (6).

C'est là une simple question d'analyse et les procédés de calcul habituel montrent qu'elle revient à déterminer les points d'intersection d'une hyperbole équilatère représentée par l'équation :

$$(9) \quad 3\gamma\gamma' - 4g(\gamma - \gamma') - 4g^2 = 0.$$

avec la cubique que représente l'équation (6). Ces courbes

(fig. 2) ont un seul point d'intersection dont les coordonnées aient des valeurs acceptables ($\frac{\gamma}{g}$ et $\frac{\gamma'}{g}$ supérieurs à 1).

Ce point M qui se trouve sur des branches à asymptotes verticales a pour abscisse :

$$\frac{\gamma'}{g} = 1,3.$$

Pour cette valeur, l'équation (9) donne :

$$\frac{\gamma}{g} = 6,5$$

et l'on a :

$$\text{Minimum de } \frac{T}{T'} = 1,3\sqrt{7,5} = 3,6.$$

FIG. 2. — Graphique montrant le minimum de l'expression $\gamma' \sqrt{g + \gamma}$.

Ainsi, dans les conditions particulièrement favorables où nous nous sommes placés, le parachute à battements exige un travail presque quadruple de celui qu'on devrait développer dans un orthoptère de mêmes dimensions. Un pareil résultat enlève tout intérêt à une étude plus approfondie de la question et nous n'insisterons pas sur les difficultés mécaniques que présenterait la réalisation du mouvement de la masse mobile. Nous concluons simplement que les lois expérimentales qui sont invoquées à l'appui de la théorie des battements, ne peuvent justifier les conclusions du capitaine Etévé.

J. OLIVE,

Capitaine d'artillerie,
de l'Établissement d'aviation de Vincennes.

que précédemment. Avec une voilure rigide, il pourrait être moindre à la remontée et il serait facile de tenir compte de cette différence en introduisant le rapport des deux valeurs de A.

CHEMINS DE FER

Perfectionnements aux appareils du bloc-système.

Les électros-sémaphores les plus généralement employés en France sont les appareils « Lartigue » qui sont exclusivement utilisés par les chemins de fer du Nord, de l'Est et de l'Orléans.

Pendant de très longues années, la technique du bloc Lartigue laissait la reddition de la voie par l'effacement de l'aileron à la discrétion du bloqueur, qui n'était tenu qu'à l'observation des règlements; mais, avec l'augmentation du trafic, il est arrivé que par inadvertance on a rendu *voie libre* lorsque le canton était encore occupé, et des accidents en sont résultés. On s'est dès lors préoccupé de remédier à ce défaut

en subordonnant la possibilité de libérer le canton à la condition matérielle que le train protégé ait préalablement franchi une pédale installée en aval du sémaphore et assez loin de celui-ci pour qu'on ait la certitude que — sauf rupture d'attelage — le plus long train engagé dans le canton en soit complètement sorti lorsque les roues de la locomotive touchent la pédale.

L'appareil présentait cependant un autre inconvénient : on sait qu'une boîte d'aileron renferme un électro Hughes tenant collé à ses pôles une armature en fer qui retient enclenché tout le mécanisme de manœuvre, dont l'ensemble offre une assez grande inertie. Comme l'aimant ne peut avoir qu'une force attractive assez faible, afin de ne pas exiger des piles du poste correspondant une trop grande dépense d'énergie, il est arrivé que des vibrations trop grandes dues à des chocs sur les boîtes ou même des coups violents sur la manivelle de manœuvre aient provoqué un déclenchement anormal.

La Compagnie du Nord, pour parer à ce défaut, a fait enfermer ses boîtes dans une double carapace en zinc, mais on évite ainsi les chocs directs sur la boîte et non les chocs sur les manivelles qui ne peuvent évidemment pas être protégées.

Enfin le dérèglement de la force portante de l'aimant est toujours possible et il est arrivé ainsi qu'une grande aile se soit mise intempestivement à *voie libre*, à la suite d'une manœuvre à la main de la boîte d'aileron nécessitée par le mauvais fonctionnement des appareils. En effet, lorsque, pour cause de dérèglement de sa boîte n° 2, le stationnaire n'a pas reçu l'annonce d'un train et qu'après s'être renseigné téléphoniquement auprès de son collègue, il provoque à la main le désarmement de son électro, il produit par cette manœuvre un courant d'induction qui fait tomber la grande aile rendant ainsi *voie libre* sur un train encore engagé dans le canton.

Les appareils transformés par M. Ducellier (fig. 2 et 3) remédient à ces défauts en réalisant un enclenchement absolu avec suppression complète de tout réglage. Ils comportent, comme les premiers, un aimant permanent dont on a conservé les dimensions, mais qui porte, sur ses pôles, au lieu des bobines des électros Hughes, un petit moteur constitué essentiellement par une bobine « Siemens » oscillant entre les pôles de l'aimant. La bobine au repos est maintenue en bonne position, grâce à un réglage de l'entrefer obtenu à la construction; sur l'une des flasques de cette bobine est fixé un échappement à ancre, qui maintient

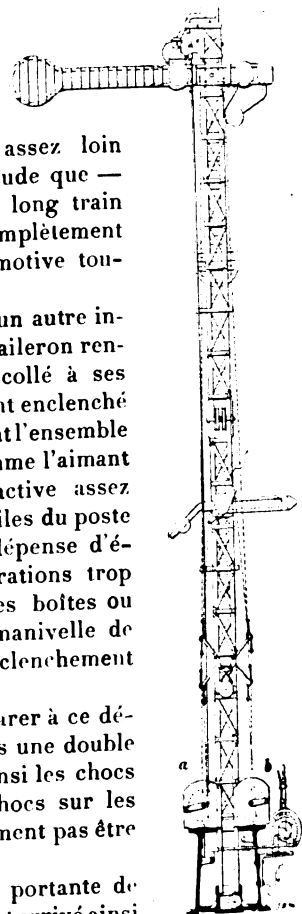


FIG. 1. — Dispositif du sémaphore à magnéto — a, boîte n° 1 — b, boîte n° 2.

enclenché mécaniquement tout l'ensemble ordinaire de la boîte-Lartigue.

Cet ensemble ne comporte aucun organe susceptible de se dérégler. Le fonctionnement se produit lors du passage dans la bobine d'un courant convenablement orienté ; la bobine oscille et l'ancrer

laisse échapper la palette et avec elle tout le système ; mais un choc, même violent, sur la boîte ou sur la manivelle ne peut avoir aucune action sur la bobine ni par suite provoquer la chute d'un aileron d'une grande aile.

Le rendement plus élevé du récepteur constitué par la bobine « Siemens » a permis de réduire dans d'assez grandes proportions la consommation d'énergie et à la Compagnie d'Orléans, notamment, pour une installation complète de grandes ailes et d'ailerons, comportant des conditions

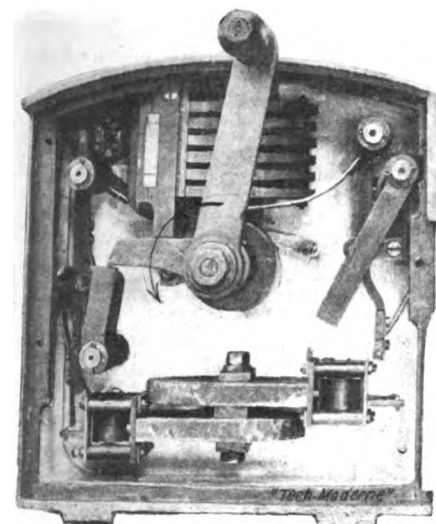


FIG. 2. — Dispositif de boîte de bloc Ducellier sans piles (1^{re} position).

de contrôle fort rigoureuses, on a pu assurer et on assure toujours le service normal d'une section des plus chargées de la ligne de Sceaux à Limours avec une pile de 12 éléments Leclanché à la géluse, de 60 ampères-heures, en remplacement d'une pile Callaud de 36 éléments grand modèle.

Ce ne sont là toutefois que des modifications d'appareils existants, et M. Ducellier a créé un appareil d'un type nouveau adaptable aux postes Lartigue en service, réalisant un enclenchement impératif et fonctionnant par *magnétos* à l'exclusion complète de toute pile.

Les boîtes, qui sont identiques pour les ailes et les ailerons, se

composent essentiellement d'un double mécanisme d'enclenchement et d'une magnéto élémentaire (coup de poing Bréguet) (fig. 4). Leur construction est telle que lorsque l'aile a quitté une position où elle était enclenchée, elle se trouve réenclenchée dans sa nouvelle position, et ne peut plus être manœuvrée sans que toutes les précautions préalables aient été prises.

Les grandes ailes étant supposées équilibrées en vue de la

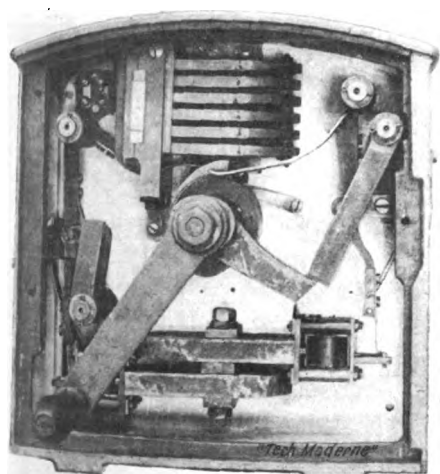


FIG. 3. — Dispositif de boîte de bloc Ducellier sans piles (2^e position).

mise à l'arrêt automatique, le fonctionnement de l'appareil est le suivant :

La grande aile du poste A, tête de section, étant mise manuellement à la position verticale de voie libre pour permettre le départ, dès que le train a franchi la pédale de ce poste, le récepteur relié à cette pédale fonctionne et libère la grande aile qui, sous l'action de son contrepoids, vient prendre la

position horizontale de voie fermée, entraînant dans son mouvement l'axe de manœuvre de la boîte. Dans cette rotation, l'armature de la magnéto se trouve décollée et un courant induit en est la conséquence. Ce courant, lancé dans la boîte n° 2 du poste B, actionne le récepteur et déclenche l'aileron de ce poste, libérant cet aileron qui prend la position horizontale sous l'action de son contrepoids. Les deux boîtes se trouvent immédiatement réenclenchées à nouveau et elles ne pourront plus être manœuvrées tant que le train sera dans le canton où il se trouve couvert.

Si ce train continue sa route et qu'il trouve la grande aile du poste B ouverte, en passant sur la pédale de ce poste, il provoquera une manœuvre semblable à la précédente, se couvrant lui-même et provoquant le relèvement de l'aileron de C ; mais dans les postes intermédiaires comme B, la boîte de grande aile correspond avec celle de l'aileron du côté A, de telle sorte que pendant le développement de la grande aile, la magnéto non seulement actionne le récepteur de la boîte de l'aileron de C, mais encore libère celui de la boîte n° 2 du poste A. Dès lors le bloqueur de B pourra, s'il le désire, rendre la voie à A en ramenant à la position verticale son aileron. En effet, dans cette manœuvre, il tourne sa manivelle, provoque le fonctionnement de la magnéto et actionne le récepteur d'enclenchement de la boîte n° 1 de A. Ce dernier poste pourra donc, lui aussi, dès qu'il en aura besoin, ramener sa grande aile à la position verticale et envoyer un nouveau train.

Tous les postes intermédiaires fonctionnent évi-

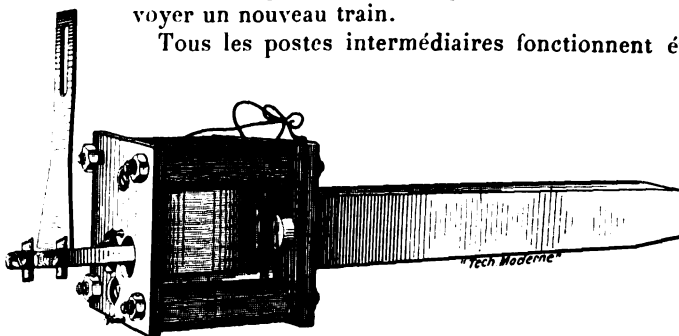


FIG. 4. — Dispositif de l'appareil d'enclenchement électro-mécanique (substitué à l'électro Hughes).

demment dans les mêmes conditions que B. Quant au poste de fin de section, sa pédale, placée à l'entrée en gare, agit sur le récepteur de réenclenchement de la boîte n° 2.

Par un simple changement de position du contrepoids sur les grandes ailes et des connexions dans les boîtes, il est possible de faire fonctionner les ailes à la main pour couvrir les trains et automatiquement pour la reddition de la voie. Il est également possible de faire fonctionner automatiquement les grandes ailes têtes de section à la voie fermée et les postes intermédiaires à la voie ouverte.

Les appareils de manœuvre des ailes et ailerons sont montés sur les socles de fonte servant de supports aux leviers de manœuvre des signaux avancés et des porte-pétards placés à hauteur des grandes ailes ; ces divers appareils sont enclenchés mécaniquement et réciproquement. Il s'ensuit que les manœuvres ne peuvent se faire qu'en suivant un cycle prévu et dont il n'est pas possible de se départir.

Pour ouvrir le signal répétiteur et retirer les pétards, il faut obligatoirement que la grande aile soit en position verticale, et pour remettre cette grande aile en position horizontale, il faut obligatoirement que le train annoncé soit sorti du canton, qu'il soit engagé dans le canton suivant et qu'il soit couvert par le répétiteur et par les pétards. Il est matériellement impossible au bloqueur de faire ces opérations dans un ordre autre que celui prévu, même en employant la force, eu égard à la construction robuste des organes.

La pédale à magnéto de MM. Ducellier et Guillou (fig. 5) est

constituée essentiellement par une feuille de tôle d'acier dont l'un des bords relevé dépasse de quelques millimètres le rail; cette tôle porte, en un point convenable, un barreau de fer qui sert d'armature à une magnéto élémentaire, maintenue rigide sur un sommier en fonte fixé sur les traverses et qui sert de

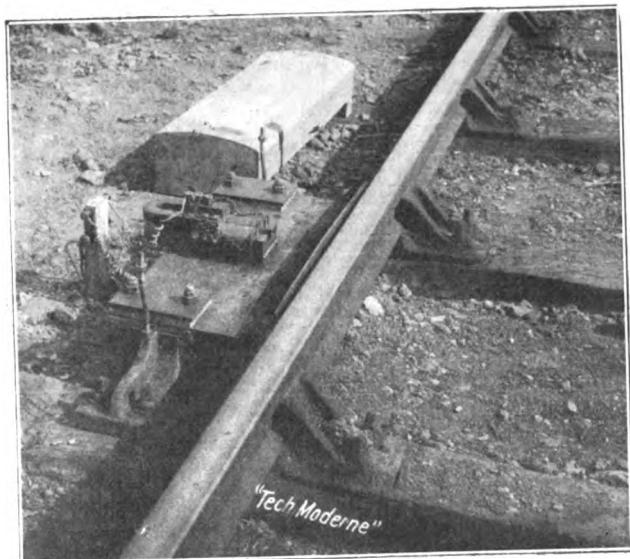


FIG. 5. — Dispositif de la pédale électro-magnétique Ducellier.

support à tout l'ensemble. La tôle elle-même est maintenue à l'aide de boulons entre des blocs de caoutchouc.

Le fonctionnement est des plus simple. Dès qu'une roue passe sur le bord de la tôle, celle-ci s'affaisse, oscillant entre les blocs de caoutchouc, et, dans ce mouvement, le barreau de fer quitte les extrémités des aimants et provoque la production d'un courant induit. Au passage de chaque roue, il se produit une oscillation semblable à laquelle correspond un courant alternatif complet. Lorsqu'il est besoin de courant redressé, par exemple pour éviter le retour trop brusque d'une bobine Siemens, et dans tous les cas où la self-induction des récepteurs est trop grande, on insère en série, sur le circuit induit, un petit rhéotome à coupe aluminium-plomb qui ne laisse passer le courant que dans le sens voulu.

Cette pédale offre un avantage très grand sur les pédales à piles puisqu'elle permet d'utiliser des voltages relativement élevés et de supprimer le retour par la terre, ses ennuis et ses résistances variables. La vitesse du train, la neige, le verglas, la poussière ne gênent en aucune façon le fonctionnement de l'appareil.

Le bloc Ducellier a été présenté au concours ouvert par l'Administration des Chemins de fer de l'État, en vue de l'extension du bloc-système à 1 500 km de voie tant sur l'ancien réseau que sur le réseau racheté.

J. NETTER.

Traction électrique par courant alternatif monophasé transformé en courant continu sur la locomotive.

Des essais de traction électrique par courant alternatif monophasé transformé sur la locomotive en courant continu ont été effectués par la Compagnie du P.-L.-M. sur la ligne de Cannes

à Grasse. La locomotive électrique utilisée permet d'étudier le fonctionnement d'un appareil nouveau, le redresseur-régulateur de MM. Auvert et Ferrand, et de déterminer le rendement du nouveau système de traction.

Cette locomotive (fig. 1) est formée de deux trucks-moteurs semblables montés chacun sur un bogie à roues de 1 m et sur deux essieux moteurs à roue de 1^m,50.

Sur chaque truck est installé : un transformateur statique fournissant le courant alternatif nécessaire aux moteurs synchrones

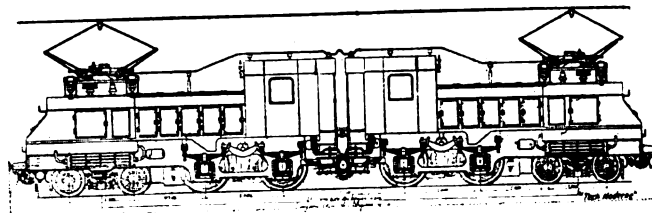


FIG. 1. — Dispositif de la locomotive électrique de la Compagnie P.-L.-M.

qui font tourner les redresseurs et à un petit groupe moteur générateur auxiliaire ;

Un transformateur statique fournissant le courant alternatif aux redresseurs-régulateurs du truck ;

Deux interrupteurs automatiques haute tension spéciaux à ces deux transformateurs ;

Une bobine de self pour le courant redressé ;

Un groupe composé de deux redresseurs-régulateurs actionnés chacun directement par un moteur synchrone ;

Une pompe à air actionnée par un moteur série monophasé ;

Un groupe moteur générateur auxiliaire, monophasé continu servant au lancement et à la mise en phase des moteurs synchrones des redresseurs avant le départ et produisant le courant continu pour les appareils accessoires ;

Enfin, une cabine avec les appareils de commande.

Un obtient la puissance à la partie des roues motrices en multipliant les ordonnées de la courbe III par le rapport $\frac{361}{225} = 1,61$

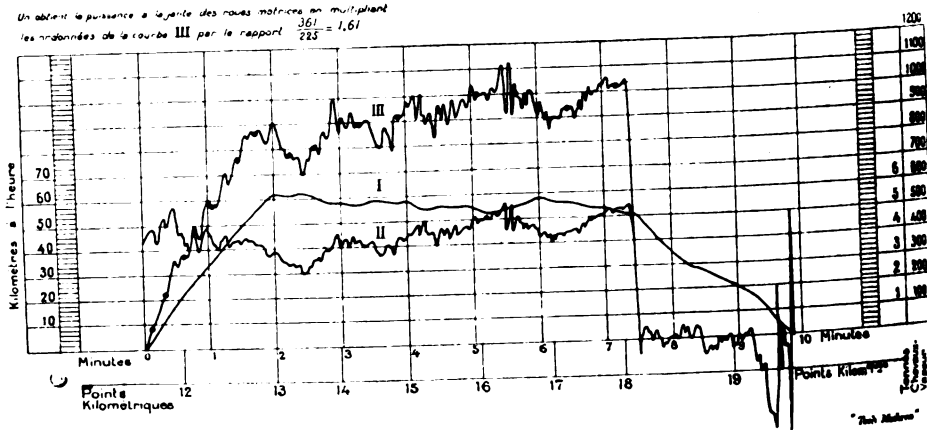


FIG. 2. — Courbes des essais effectués avec la locomotive électrique : I, vitesse du train en fonction du temps ; II, effort au crochet de traction en fonction du temps ; III, puissance au crochet de traction en fonction du temps.

La locomotive a deux pantographes Westinghouse, de prise de courant montés en parallèles.

Le poids total est 136 t, soit 18 t sur chacun des essieux moteurs, 16 t sur chaque essieu de bogie.

Chaque essieu moteur est actionné par un moteur à courant continu à excitation série, à six pôles développant 400 HP effectifs à 650 tours sous 300 volts et correspondant à une vitesse de la locomotive de 63 km à l'heure. Les deux moteurs du même truck sont montés en série; leurs axes sont perpendiculaires aux essieux qu'ils attaquent par pignon d'angle avec accouplements élastiques.

Les deux collecteurs de chacun des deux redresseurs sont montés en série. Les deux redresseurs sont eux-mêmes montés en série; la tension maximum par collecteur est 150 volts, la tension totale du courant redressé pour un truck est donc 600 volts. Le débit normal est de 1 200 ampères.

2° La puissance électrique demandée à la centrale, sous forme de courant haute tension, est très faible au début du démarrage et croît régulièrement avec la puissance développée;

3° Le nombre d'ampères haute tension au moment du démarrage est également très faible;

4° Le rendement total, c'est-à-dire le rapport entre la puissance à la jante des roues de la locomotive et la puissance électrique haute tension est très élevée et varie en pleine marche de 78 à 80 %. Les courbes des figures 2, 3 et 4 montrent les divers résultats obtenus.

En tenant compte de ces essais, on a dressé un projet de nouvelle locomotive électrique dont les caractéristiques sont les suivantes :

Puissance normale horaire. 2000 HP
Effort à la jante des roues motrices. 12800 kg
Vitesse correspondante, à l'heure 42 km
Vitesse maximum, à l'heure. 75 km

Cette locomotive a un châssis unique avec quatre essieux moteurs accouplés et deux porteurs.

Il n'y a plus qu'un seul moteur à courant continu de 2000 chevaux qui commande les essieux moteurs par l'intermédiaire d'un faux es-

sieu et de bielles d'accouplement.

Ce moteur est alimenté par un seul redresseur double et un seul transformateur principal.

Les appareils sont étudiés en vue de l'emploi de courant monophasé à 15 périodes par seconde.

Un petit redresseur auxiliaire à démarrage automatique rem-

Le décalage des balais est fait au moyen d'un servo-moteur, dont l'organe essentiel est un petit moteur électrique disposé d'une façon spéciale qui permet au mécanicien, en réglant à volonté l'intensité du circuit d'excitation à fil fin du petit moteur de décalage, de régler l'intensité du courant redressé qui traverse les moteurs d'essieux. Il en résulte des démarrages très doux et très rapides, car l'effort de traction peut être maintenu sensiblement constant au démarrage.

En outre, les circuits d'excitation à fil fin des moteurs de décalage des deux demi-locomotives sont montés en série; il s'ensuit que, sous l'influence du réglage opéré par le mécanicien, les deux servo-moteurs s'arrêtent dans des positions correspondantes, telles que l'intensité du courant redressé soit la même dans les deux demi-locomotives.

Le changement de marche est obtenu au moyen d'un appareil, placé sur chaque demi-locomotive, qui intervertit le sens du courant dans les inducteurs des moteurs.

Le courant d'alimentation est fourni aux pantographes à 12000 volts, 25 périodes par un fil de cuivre profilé de 80 mm² de section. L'autre conducteur de distribution est constitué par les rails de la voie qui sont connectés tous les 150 m avec un conducteur en cuivre de 60 mm² de section.

Les essais effectués avec des charges remorques de 118 t, 225 t et 236 t, sur une ligne présentant des rampes qui atteignent 20 mm par mètre ont montré que :

1° Les démarrages s'effectuent sans à-coups, et avec rapidité;

placera les moteurs générateurs auxiliaires de la locomotive d'essai.

Les redresseurs auront quatre lignes de balais comme ceux de la locomotive d'essai, mais par suite de la diminution de la fréquence, la vitesse périphérique de leurs collecteurs ne dépassera pas 17 m par seconde.

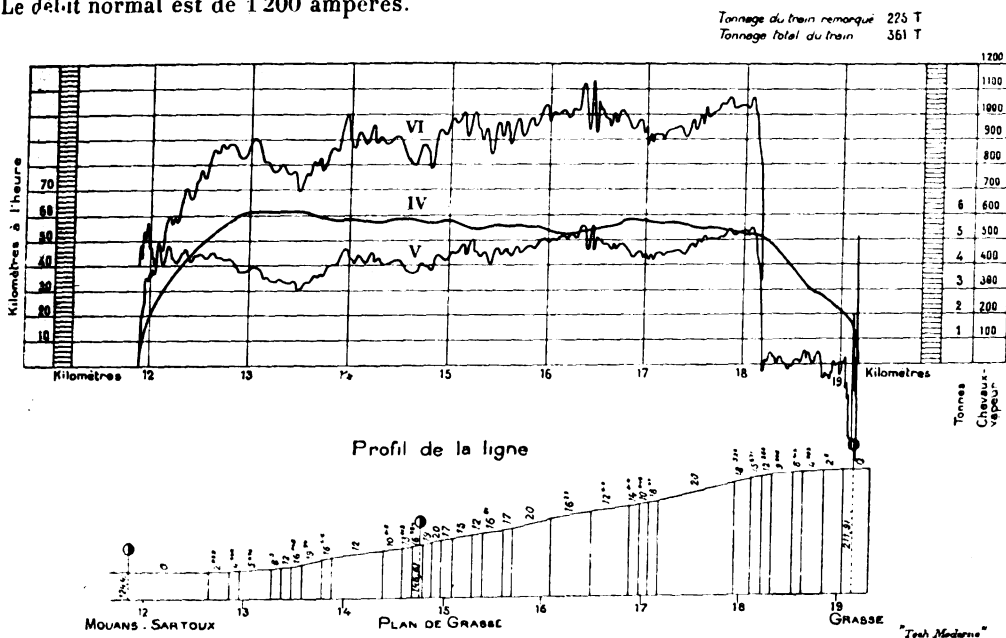


FIG. 3. — Courbes des essais effectués avec la locomotive électrique : IV, vitesse du train en fonction de l'espace parcouru ; V, effort au crochet de traction en fonction de l'espace parcouru ; VI, puissance au crochet de traction en fonction de l'espace parcouru.

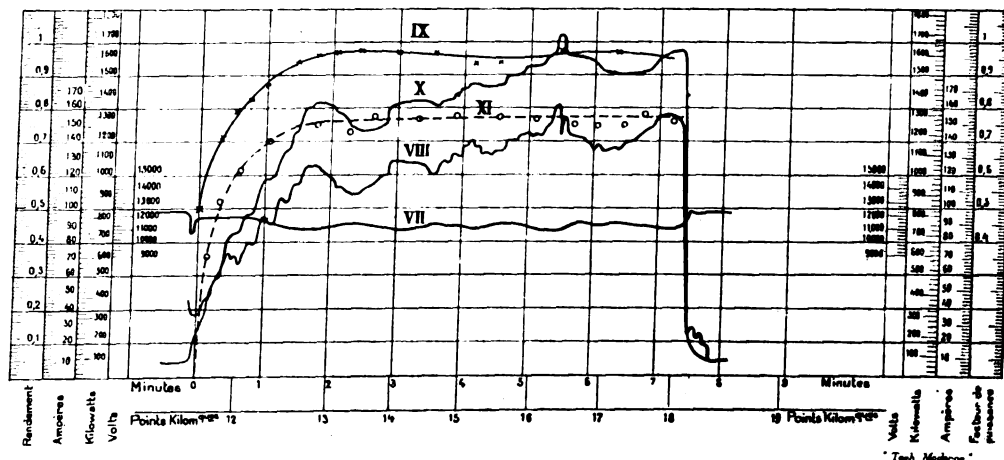


FIG. 4. — Courbes des essais effectués avec la locomotive électrique : VII, voltage du courant haute tension en fonction du temps ; VIII, intensité du courant haute tension en fonction du temps ; IX, facteur de puissance du courant haute tension en fonction du temps ; X, puissance électrique haute tension en fonction du temps ; XI, rendement : $\frac{\text{puissance à la jante des roues motrices}}{\text{puissance électrique du courant haute tension}}$; ○, points calculés de la courbe XI et correspondant aux points de la courbe III ; ×, points calculés de la courbe IX.

Le poids total de cette nouvelle locomotive sera de 96 t, soit 72 t pour les essieux moteurs à raison de 18 t par essieu, et 24 t pour les essieux porteurs. F. D.

CHIMIE INDUSTRIELLE

Station filtro-ozonatrice de Saint-Petersbourg.

Pour arriver à enrayer les épidémies de choléra qui sévissent tous les étés à Saint-Petersbourg, une station filtro-ozonatrice y a été installée au commencement de cette année (fig. 1, 2 et 3).

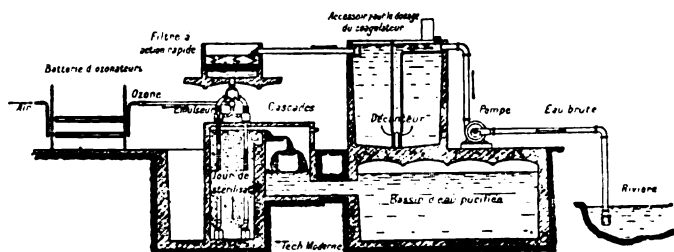


FIG. 1. — Schéma de la station filtro-ozonatrice.

Cette capitale est alimentée par trois stations dont une seule, la plus importante, est pourvue de filtres à sable, les deux autres prennent directement l'eau de la Néva, et la distribuent sans aucune mesure d'épuration. C'est une de ces dernières qui vient d'être pourvue d'une installation, permettant de distribuer, dans la région de Viborg, 50 000 m³ d'eau épurée par vingt-quatre heures.

Comme l'indique le schéma (fig. 1), l'eau brute est prise dans la Néva et est refoulée à l'aide de pompes dans des bassins de décantation qui sont au nombre de 8; ceux-ci sont mis en communication au moyen de tuyaux avec les 38 filtres (fig. 2) du système Howatson (à silex concassé). La vitesse de filtration y est de 4^m,5 à l'heure. L'opération d'ozonification s'effectue dans

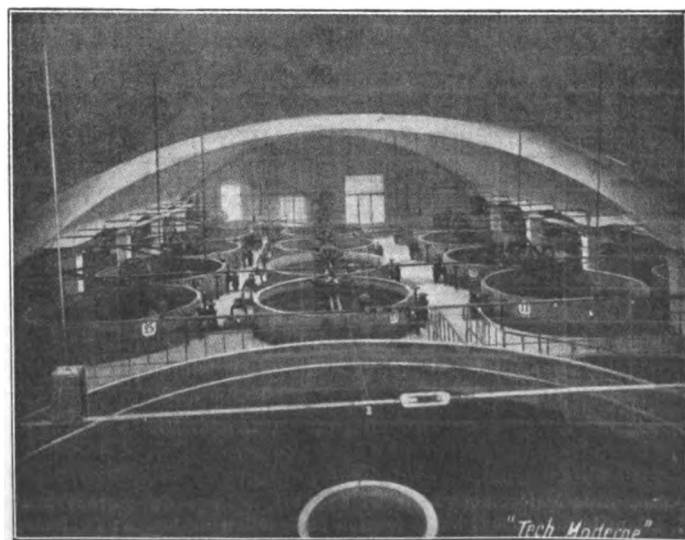


FIG. 2. — Disposition des filtres de la station filtro-ozonatrice.

deux parties distinctes de l'installation, d'une part les 128 appareils de la batterie et les 5 tours de stérilisation dont une de réserve. La préparation de l'ozone est obtenue avec des appareils Siemens et Halske, l'émulseur est du système Otto. (Elektrichestvo.)

La station de force nécessaire comprend trois chaudières de 160 HP chacune dont une de réserve; d'une dynamo génératrice

à courant triphasé — lequel est transformé en monophasé à 500 périodes — sous 7 000 volts.

Tout a été construit en ciment armé.

Les frais d'exploitation sont de 0 fr 20 environ par mètre cube. Au point de vue biologique, l'eau épurée ne contient plus que

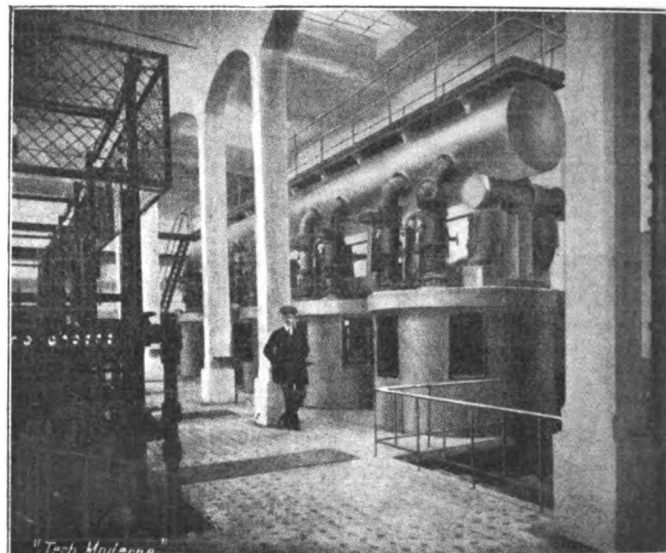


FIG. 3. — Ensemble des installations de stérilisation.

trois bacilles indifférents par centimètre cube et la présence du coli n'y a jamais été décelée. A. L.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Nouveau système de protection pour câbles à haute tension.

Ce système de protection dû à M. Höchstädter vient d'être appliqué pour la première fois au réseau d'énergie de Cologne par la firme Siemens-Schuckert, sur une longueur de 6 km⁽¹⁾. Il est destiné à mettre automatiquement hors circuit les câbles endommagés. Pour cela, le câble doit avoir une spirale de cuivre entourant le conducteur mais isolée de ce dernier, ainsi que de

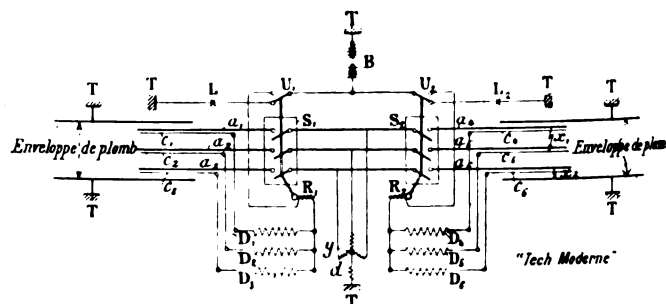


FIG. 1. — Schéma d'une connexion de sûreté pour la mise hors circuit d'une section de câble endommagée.

l'enveloppe de plomb. La figure 1 donne le schéma des connexions pour des câbles à trois conducteurs câblés pour courant triphasé. Les conducteurs sont représentés par $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$, les spirales de cuivre par $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$.

Le système protecteur fonctionne si, par suite de la perforation de l'isolant, il y a communication entre le conducteur et l'enveloppe de plomb comme la figure le montre en x_1 , ou communication entre le conducteur et la spirale de cuivre entre cette dernière et l'enveloppe de plomb, ou entre les trois.

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 10.VIII.11.

Lorsque l'un de ces accidents se produit, l'un des interrupteurs S_1 ou S_2 , qui amène le courant au câble endommagé est immédiatement déclenché par l'intermédiaire des bobines de déclenchement, R_1 ou R_2 , et d'une batterie auxiliaire B dont l'un des pôles est à la terre T. A l'autre extrémité du secteur du câble endommagé, le même fait se produit, de sorte que ce secteur est séparé du réseau pendant que les autres secteurs restent connectés. Pour que ce résultat soit également atteint dans les câbles à plusieurs conducteurs, lorsqu'une communication se produit entre deux conducteurs (comme il est représenté en x_1) et que l'enveloppe de plomb n'est pas atteinte, les différentes phases ou le point neutre y , si l'on emploie des transformateurs, doivent être reliés à la terre T par l'intermédiaire de bobines de réactance d . Le courant de la batterie passe par la spirale de protection, l'arc qui se produit à la perforation et revient à la batterie par les conducteurs et la terre.

Entre les spirales protectrices (c_1 à c_n) et les bobines de déclenchement des interrupteurs (S_1 , S_2) se trouvent des bobines de réactance (D_1 à D_n) montées en étoile qui n'offrent qu'une faible résistance ohmique au courant de la batterie, tandis qu'elles arrêtent, ou tout au moins réduisent au minimum le courant alternatif, qui a lieu au moment de l'exploitation régulière ou de la perforation de l'isolant. Les commutateurs U_1 et U_2 sont mécaniquement accouplés aux interrupteurs des câbles. Ils servent à faire passer ou à arrêter le courant dans les bobines de déclenchement. Des lampes (L_1 , L_2) montées sur le circuit de la batterie font connaître l'interrupteur de la station qui s'est déclenché.

Les bobines de réactance (D_1 à D_n) peuvent avoir des enroulements secondaires sur lesquels sont montés des voltmètres. Les voltmètres servent au contrôle de l'isolement des différentes parties du câble, car ils n'indiquent la même tension que si les différentes phases ont toutes un aussi bon isolement par rapport au sol. Si l'isolement de l'un des conducteurs est moins bon, la tension correspondante s'abaisse, tandis que celle des deux autres conducteurs s'élève.

Dans le cas de réseaux à câble simple, le même genre d'installation peut servir. Dans ce cas, la mise à la terre d'un point neutre n'est pas utile, car les communications ne peuvent se faire qu'entre le conducteur et la terre.

Comme source de courant continu, on peut employer une batterie d'accumulateurs dont la tension soit de 250 volts. Comme cette batterie n'a pas ordinairement à fournir de courant, on peut employer de petits éléments capables de supporter une forte surcharge momentanée.

Ce système de protection fonctionne aussi pour des accidents d'origine extérieure, tel qu'un coup de pioche à la condition toutefois qu'il atteigne la spirale de cuivre, qui, dans un câble simple, devra donc être placée aussi

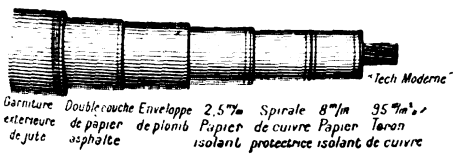


Fig. 2. — Câble simple avec spirale de protection.

près que possible de la surface du câble, c'est-à-dire à une distance de 1 mm à 2 mm, 5.

La figure 2 donne une idée de la composition d'un câble simple pour courant triphasé à tension composée de 25 000 volts avec sa spirale de cuivre. Ce câble a été employé sur le réseau d'énergie de Cologne et ses caractéristiques sont les suivantes :

Section du conducteur	95 mm ²
Diamètre extérieur	48 mm
Épaisseur de l'isolant entre le cuivre et la spirale	8 mm
— — — la spirale et l'enveloppe de plomb	2 mm, 5
Épaisseur totale de l'isolant	10 mm, 5
Épaisseur de l'enveloppe de plomb	3 mm

Section de la spirale de cuivre	66 × 0,07 mm
Résistance de la spirale de cuivre	30 ohms par km
Poids de la spirale de cuivre	55 kg par km

La spirale de cuivre est enroulée de façon à ce qu'il n'y ait pas plus de 1 à 2 mm entre deux spires consécutives. Elle élève faiblement le prix du câble.

Des essais faits sur ce câble ont montré qu'au point de vue des propriétés électriques il ne le cédait en rien aux câbles sans spirales.

L. V. B.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE

Moteur du type à flotteurs, actionné par les vagues.

Le mouvement des marées représente une énergie énorme dont l'asservissement a déjà tenté maints chercheurs. Voici un nouvel essai de solution du problème; elle est de conception simple, sinon de construction élégante.

Le principe de ce nouveau moteur à vagues, actuellement en

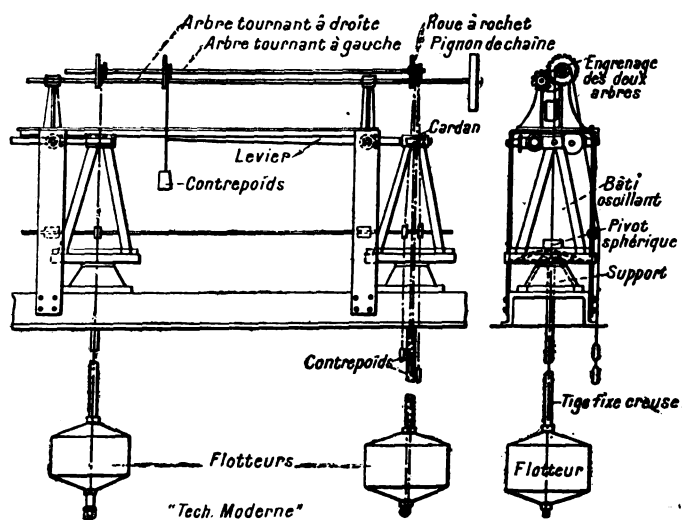


Fig. 1. — Dispositif du moteur du type à flotteurs actionné par les vagues.

essai à Atlantic City (E. U.) consiste à utiliser les mouvements d'ascension et de descente des vagues au moyen de flotteurs munis d'une tige qui commande, par engrenages et rochets, des arbres horizontaux A et B. Ceux-ci sont respectivement actionnés par l'un des mouvements de montée ou de descente des flotteurs et tournent en sens inverse; l'un d'eux transmet son mouvement à l'autre par engrenages. Les vagues agissant souvent obliquement, chaque tige de flotteur est montée dans un bâti oscillant sur pivot sphérique de manière à pouvoir obéir à toutes les impulsions.

L'appareil de démonstration comporte six flotteurs de 1 m, 20 de diamètre, 1 m, 20 de longueur et de 1 m³/425 de déplacement. Il est capable, au dire des constructeurs, de développer de 100 à 125 chevaux, mais aucun essai n'a, jusqu'à présent, contrôlé cette assertion. De même, ils estiment à 87 fr 5 par cheval le prix d'un moteur industriel, y compris 15 fr pour la construction de la jetée ou des pilotis de support.

L. D.

Un nouveau compresseur double (système Sulzer).

La brasserie Quilmes, à Buenos-Ayres, a mis récemment en service un compresseur double de 1 200 000 calories par heure, dont les dimensions sont remarquables (fig. 1). Cette brasserie, installée pour une production annuelle de 800 000 hl, est de beau-

coup la plus grande brasserie de la République Argentine, et elle fournit près de la moitié de la bière consommée dans le pays. La nouvelle installation n'est en service qu'aux époques où la quantité de froid à produire est la plus forte, pendant lesquelles les anciennes installations frigorifiques encore existantes sont en partie mis hors service. Un réfrigérant permet d'utiliser rationnellement l'eau de puits qui n'est disponible qu'en faible quantité. L'eau de puits dont on dispose est amenée dans un réservoir qui se trouve devant le bâtiment des machines, et qui reçoit en même temps l'eau du réfrigérant. L'eau qui reste dans les augets du condenseur à ruissellement traverse d'abord le condenseur à surface de la machine à vapeur, d'où elle coule dans un réservoir d'eau chaude. L'eau de ce réservoir peut être envoyée dans le réfrigérant, en totalité ou en partie, suivant les besoins, ou dans la conduite de décharge. On peut aussi faire passer directement dans le condenseur de la machine à vapeur, en utilisant toute la chute de température, l'eau refroidie à 30° C environ. Dans ce cas, le condenseur à ruissellement de l'installation frigorifique marche avec de l'eau de puits à 20° C.

Le compresseur double a été livré par MM. Sulzer frères, de Winterthur; il est accouplé directement avec une machine à

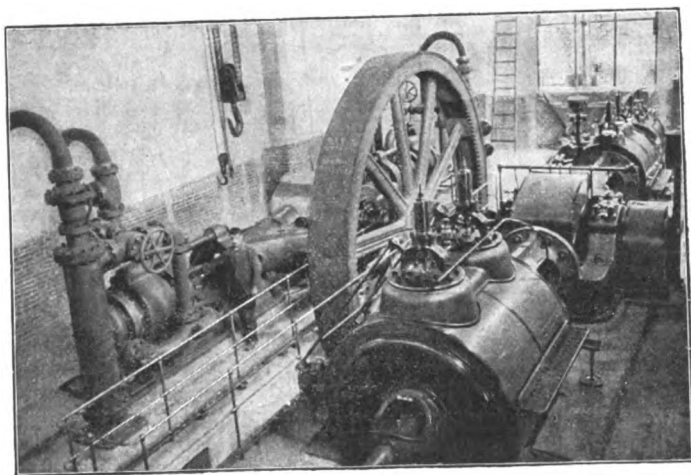


FIG. 1. — Vue du nouveau compresseur double, système Sulzer.

vapeur horizontale à triple détente, à soupapes, système Sulzer. Les cylindres ont un alésage de 510/825/1 300 et une course de 900 mm. La machine marche avec de la vapeur surchauffée à 250° C, sous une pression initiale de 11,5 atmosphères, et elle développe 540 chevaux effectifs avec une admission de 28 %. Le condenseur à surface a une surface réfrigérante de 105 m². Le condenseur à ruissellement de la machine frigorifique a une surface réfrigérante de 1 100 m² sur une longueur de serpentins de 9 000 m.

G. R.

Transporteurs (système A. Bleichert) (1).

On peut attribuer une grande partie du progrès des industries métallurgiques germaniques au perfectionnement de l'outillage des manutentions, car les Allemands occupent certainement le premier rang pour la construction des appareils de transport et de levage.

Les transporteurs Bleichert peuvent être divisés en deux catégories principales : les transporteurs à câble tracteur et les transporteurs électriques suspendus (telphéages) à chariots automoteurs (telphers).

Grâce à leur élasticité de marche et à leur facilité d'adaptation, les transporteurs suspendus sont les mieux appropriés au service

(1) D'après les appareils, modèles, plans, etc., ayant figuré à l'Exposition de Bruxelles de 1910.

des hauts fourneaux, des cubilots, etc., dans les établissements métallurgiques. Leurs wagonnets sont formés d'un chariot roulant sur un rail à double champignon, sous l'action d'un moteur électrique auquel est suspendu la benne. Le courant est pris à une ligne aérienne au moyen d'un trolley, à roulette ou à archet (fig. 1).

Dans certains cas, par exemple lorsque les charges sont relativement fortes et que le système comporte des rampes, il y a deux moteurs, un par galet de roulement. L'avantage du système est sa complète automaticité : la mise en marche et l'arrêt s'effectuent à volonté, par le jeu d'un commutateur; il en est de même pour le culbutage. Les voies sont munies d'un dispositif de blocage qui empêche les collisions et les fausses manœuvres.

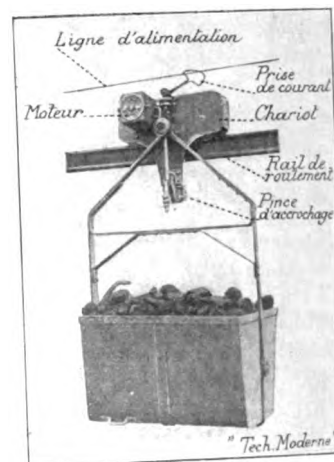


FIG. 1. — Dispositif d'un transporteur suspendu, système A. Bleichert.

Lorsqu'il y a de grandes différences de niveau à franchir, on établit, sur une section aussi courte que possible, une traction funiculaire. Les wagonnets, arrivés au pied de la rampe, s'accrochent alors automatiquement, grâce à une pince dont ils sont munis, à un câble tracteur sans fin qui les élève jusqu'au sommet (fig. 2). (Brevet allemand 17729.) Là, et toujours automati-

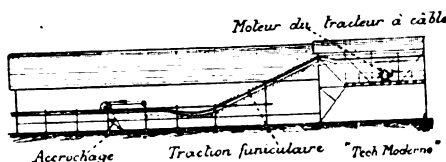


FIG. 2. — Dispositif de la traction funiculaire pour transporteurs suspendus, système A. Bleichert.

quement, ils sont décrochés, circulent sur la voie horizontale, puis, le parcours terminé, reviennent à la section inclinée; la descente s'effectue sur l'autre partie du câble sans fin.

Une autre solution consiste à placer les voies horizontalement, à la hauteur du niveau supérieur des appareils desservis, les wagonnets étant alors pourvus d'un treuil électrique, qui élève et descend les bennes (fig. 3). (Brevet allemand 167893.)

Des installations de ces différents genres existent aux établissements Stumm frères, de Neukirchen-Saare, Schalker Gruben et Hüttenveein, Oesterreichische Berg et Hüttenwerke Gt, Piat fils et C^{ie}, à Soissons, Maximalhutte de Rosenberg, etc.

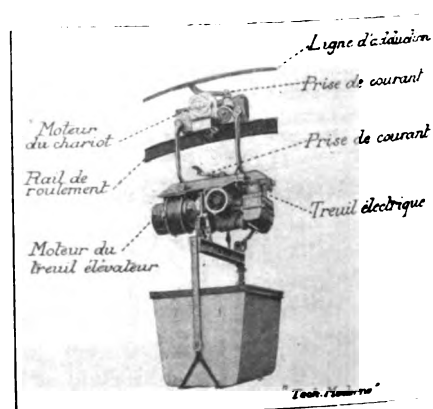


FIG. 3. — Dispositif d'un transporteur suspendu, système A. Bleichert, avec treuil électrique.

D'une façon générale, elles ont toutes donné des résultats intéressants, notamment au point de vue économie de la main-d'œuvre. Les transporteurs électriques réduisent environ au quart de ce qu'il est avec le chargement à main, le personnel nécessaire au service des hauts fourneaux et des cubilots.

Quant aux transporteurs à câble, ils conviennent surtout pour les opérations ne présentant pas d'irrégularité ou n'exigeant pas une trop grande surveillance. On les utilise, en particulier, pour le transport des déchets d'usine ; ils permettent d'accumuler les matières en tas ou de les déverser pendant la marche.

Enfin, ce système a été perfectionné dans le pont incliné breveté pour la mise au terril. Un modèle de ce genre, exposé à Bruxelles, reproduisait l'installation construite pour la Société anonyme des Laminoirs, Hauts fourneaux, Forges, Fonderies et Mines de la Providence, à Marchienne-au-Pont. Un chemin aérien normal transporte les déchets jusqu'au pied du terril ; à cet endroit commence un pont incliné, formé d'une charpente en treillis, inclinée suivant l'angle du terril, et dont l'extrémité supérieure surplombe ce dernier. Les wagonnets passent à l'intérieur du pont sans se détacher du câble tracteur, culbutent, contournent une poulie de retour et descendent de l'autre côté.

Aucune surveillance n'est nécessaire sur le terril. Dès que le tas atteint l'extrémité supérieure du pont incliné, on prolonge celui-ci d'un nouveau panneau : la hauteur du terril n'est pas limitée ; elle peut facilement dépasser 100 mètres.

Les préoccupations des dirigeants d'usines métallurgiques vont spécialement à la question de manœuvre des wagons de chemin de fer à l'arrivée et au départ. La solution de ce problème est facile au moyen du chemin de fer aérien, qui permet d'établir des installations de manœuvre très simples en disposant le long de la voie, où les wagonnets doivent être déplacés, un câble sans fin qui est actionné depuis une station centrale, et auquel les wagonnets sont attachés, séparément ou par rame, au moyen d'un appareil d'accouplement.

Ces installations présentent les avantages suivants : 1° elles peuvent être actionnées par n'importe quelle transmission ou force motrice existante ; 2° on peut manœuvrer les wagons soit en avant, soit en arrière ; 3° le service peut être effectué par les manœuvres les moins expérimentés ; 4° comme la commande est munie d'un volant, les chocs provenant de la mise en marche sont absorbés et se font à peine ressentir ; d'ailleurs, pour éviter de donner une trop forte secousse au moteur de commande, on prévoit des accouplements à friction ; 5° il est possible de passer sur les croisements et aiguillages sans perturber le service ; on peut même actionner des plaques tournantes et passer les courbes sans le moindre choc ; 6° le câble tracteur ne traîne pas sur le sol, mais se meut à l'extérieur du profil de la voie, à hauteur de la main ; 7° l'expérience a démontré que les installations de manœuvre à câbles de bonne construction permettent de réduire de moitié les frais de ce travail fait avec des locomotives ; 8° quant au personnel de service, on économise 75 % sur les ouvriers qui, auparavant, étaient chargés de déplacer les wagons ; 9° enfin, ces installations permettent d'activer le mouvement des wagons et réduisent ainsi les frais d'immobilisation de ceux-ci. M.

Le centrage sur le tour.

Le centrage sur le tour présente, en certains cas, des inconvénients, voire des difficultés sérieuses.

S'agit-il, par exemple, de la fabrication en série de pièces à bas prix ? Cette opération du centrage, fréquemment répétée, peut représenter une perte de temps considérable, comparée à la durée du tournage proprement dit. Pour le travail de chaque pièce, il faut, en effet, enlever d'abord l'outil du porte-outil, lui substituer un trusquin, centrer la pièce et replacer l'outil pour le tournage.

S'agit-il, au contraire, d'un travail de grande précision, comme l'alésage de trous dans de petits montages, dans des guidages, etc. ? L'inconvénient de la perte de temps devient secondaire, mais fait place à une difficulté véritable, celle du centrage exact au maillet ou à la masse de plomb. C'est là une opération délicate et dont le succès repose entièrement sur l'habileté de l'ouvrier.

Deux collaborateurs de *Werkstatt-Technik* proposent, pour ces deux cas, des solutions ingénieuses.

La première est donnée par M. Rodolf Sproecke (*Werkstatt-Technik*, juin 1911, p. 355) et s'applique au cas d'une fabrication en série. Sur la table supérieure du chariot

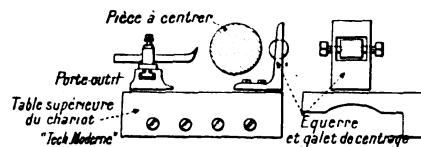


FIG. 1. FIG. 2.
Centrage rapide de pièces fabriquées en série.

croisé d'un tour est ajustée et fixée invariablement, en face du porte-outil, une équerre soutenant un galet (fig. 1 et 2). La pièce portant à peu près en son centre un coup de pointe, est montée sur le tour. Une fraise triangulaire, fixée dans la contre-poupée, est engagée dans le coup de pointe. On fait alors tourner la pièce en mettant le tour en marche et l'on déplace transversalement la table supérieure du chariot jusqu'à ce que le galet touche la pièce. Si cette dernière n'est pas exactement centrée, la pression du galet corrigera progressivement l'excentricité. En même temps, la fraise rectifiera l'erreur de centrage. Il suffit alors, soit de substituer une contre-pointe à la fraise, soit de recouvrir cette dernière d'un chapeau formant contre-pointe pour procéder sans délai au tournage.

M. R. Stock traite le second cas cité, intéressant plus spécialement l'outilleur. Le centrage de précision des montages ou

FIG. 3. — Plateau vu de face.

FIG. 4. — Coupe verticale.

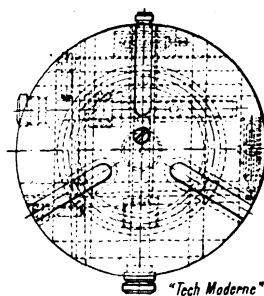


FIG. 6.

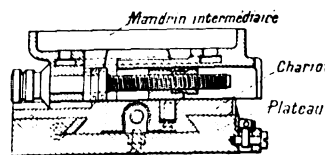
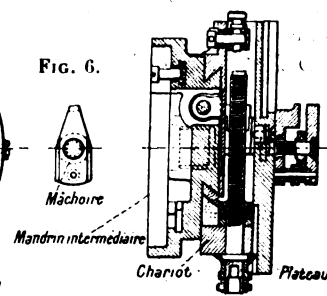


FIG. 5. — Coupe horizontale.

autres pièces à aléser est ici obtenu à l'aide d'un plateau de tour spécial, à mouvements croisés et comprenant trois parties essentielles : le mandrin intermédiaire, fixé sur l'arbre de poupée ; le chariot mobile par vis sur ce mandrin, et le plateau à trois mâchoires, lui-même mobile par vis sur le chariot et perpendiculairement au déplacement de celui-ci. Les guidages du plateau et du chariot croisé sont garnis de règles coniques à rattrapage de jeu.

Pour centrer sur le tour au moyen de ce plateau, on commence par faire un centrage grossier à l'aide des trois mâchoires à vis et rainures en T. L'excentricité étant alors appréciable à une fraction de millimètre près, grâce à une graduation et à un index, il est facile de la corriger en agissant sur les deux vis à filets carrés des mouvements croisés.

Les figures 3, 4 et 5 représentent un plateau à manèvements croisés de 150 mm de diamètre.

L. D.

MÉTALLURGIE ET TRAVAIL DES MÉTAUX

Observations sur le fonctionnement des récupérateurs dans les fours Martin.

Dans une étude récente publiée par le *Journal de la Société russe de métallurgie*, M. Edouard Juon donne un certain nombre de chiffres intéressants sur la marche des récupérateurs des fours Martin de l'usine russe de Donetz-Youriefka.

Dans la plupart des anciennes usines, on a développé graduellement, pour faire face aux besoins d'une production chaque jour croissante, la superstructure des fours Martin, sans pouvoir rien changer à la disposition générale, ni aux dimensions des chambres de récupération qui ne sont plus, dans un grand nombre de vieilles usines européennes, en rapport avec le reste de l'installation, et sont par suite soumises à une allure forcée.

C'est ainsi que le tableau I montre le développement progressif des fours Martin de l'usine de Donetz-Youriefka :

TABLEAU I. — DÉVELOPPEMENT DES FOURS MARTIN DE L'USINE DE DONETZ-YOURIEFKA.

	POIDS MOYEN de la charge	PRODUCTION moyenne par jour et par four	PRODUCTION moyenne par campagne
	t	t	t
1903. . .	22,4	85,3	9 750
1904. . .	23,8	97,5	12 500
1905. . .	25,6	100,5	14 300
1906. . .	27,5	109,5	14 350
1907. . .	27,9	110,0	10 980
1908. . .	30,0	114,5	15 320
1909. . .	32,1	131,5	16 210
1910. . .	33,0	138,5	20 050

Par suite de l'augmentation de capacité des fours, la capacité utile relative des chambres, calculée en ajoutant les volumes des chambres à gaz et à air pour un côté du four, a été en diminuant constamment de 2^m3,7 par tonne enfournée en 1904 à 1^m3,8 en 1910, et ce n'est que grâce à un contrôle suivi du fonctionnement des récupérateurs que la durée des campagnes a pu être accrue dans les proportions qu'on vient de voir.

TABLEAU II. — TEMPÉRATURES DES RÉCUPÉRATEURS.

Four n° 3 : charge du 26 août 1908.
Commencement de la charge à 7 heures.

ENDROITS où ont été faites les mesures	GAZ allant de droite à gauche. On charge le four (7 h 30)	CHARGEMENT terminé. Inversion du gaz (8 h 30)	MILIEU de l'opération. Gaz de gauche à droite (10 h 30)	AVANT la coulée (11 h. 45)
Chambre à gaz antérieure droite .	1 163°	1 130°	1 202°	1 180°
— postérieure droite .	1 142	1 096	1 180	1 163
Chambre à gaz antérieure gauche.	1 230	1 133	1 184	1 149
— postérieure gauche.	1 191	1 096	1 130	1 142
Chambre à air antérieure droite .	1 184	1 163	1 246	1 206
— postérieure droite .	1 214	1 180	1 270	1 230
Chambre à air antérieure gauche.	1 218	1 103	1 191	1 191
— postérieure gauche.	1 206	1 110	1 149	1 177

Pour la mesure des températures des chambres, on fait usage d'un verre d'observation, composé de la superposition de différentes épaisseurs de verres rubis, étalonné avant l'usage au

moyen d'un pyromètre de Wanner. Les températures de chacune des 8 chambres du four sont relevées quatre fois par jour, avec une précision de 25° et les chiffres obtenus sont communiqués au personnel du four. Dans les autres parties du four, les températures sont relevées directement avec le pyromètre de Wanner.

Les pressions existantes dans les carneaux de gaz, d'air et de fumées sont enregistrées sous forme de courbes continues au moyen d'appareils enregistreurs « Hydro » de la maison J. Geldern et Co, de Dusseldorf. Les diagrammes obtenus marquent également très nettement les inversions de gaz et d'air, les coulées du four, les piquages des gazogènes, les décrassages de ceux-ci, les changements de position des valves à gaz, les perfectionnements apportés au four, etc.

Les tableaux II, III, IV, V et VI reproduisent quelques-unes des indications les plus intéressantes ainsi obtenues :

TABLEAU III. — TEMPÉRATURES DES RÉCUPÉRATEURS.

Four n° 2 : charge du 10 septembre 1908.

HEURES des mesures de températures	CHAMBRE A GAZ antérieure droite	CHAMBRE A GAZ antérieure gauche
6h30 Commencement de la charge.	1 043°	1 184°
7 » 10 minutes avant l'inversion.	1 009	1 206
7 20 10 minutes après l'inversion.	1 089	1 170
7 50 } Chargement de la fonte li-	1 110	1 230
7 55 } quide.	1 130	1 250
8 » }	1 145	1 266
9 50 10 minutes avant l'inversion.	1 096	1 214
10 10 10 minutes après l'inversion.	1 120	1 191
12 » Coulée	1 100	1 184
12 02 Coulée	1 096	1 177
12 05 Coulée	1 103	1 163

TABLEAU IV. — TEMPÉRATURES DES RÉCUPÉRATEURS RELEVÉES LE 1^{er} FÉVRIER 1910 A MIDI.

RÉCUPÉRATEURS	FOURS					
	n° 1	n° 2	n° 3	n° 4	n° 5	n° 6
Chambre à gaz :						
N° 1	1 080°	950°	1 080°	1 080°	1 080°	1 105°
N° 2	1 080	950	1 160	1 105	1 080	1 105
N° 3	1 105	1 000	1 080	1 130	1 080	1 080
N° 4	1 105	975	1 000	1 105	1 080	1 105
Chambre à air :						
N° 1	1 055	975	1 190	1 105	1 080	1 105
N° 2	1 055	950	975	1 105	1 080	1 130
N° 3	1 080	1 065	1 080	1 080	1 080	1 105
N° 4	1 080	1 000	1 055	1 080	1 080	1 105

Ces températures ont été déterminées avec le verre d'observation et les chiffres ont été relevés sur le livre de fabrication. Le four n° 2 faisait la première charge de sa campagne, et le four n° 3 l'avant-dernière charge de la sienne.

TABLEAU V. — MESURES DE PRESSION.

Four n° 5 : charge du 30 août 1908. Pressions mesurées après fusion du bain.

ENDROITS où ont été faites les mesures	PRESSIONS en mm d'eau
Injecteurs des gazogènes	+ 120 à + 140
Dessous des gazogènes.	+ 100 à + 112
Carneau de gaz, à l'entrée.	+ 47
Carneau de gaz, à l'extrémité.	+ 42
2 chambres à gaz de droite.	+ 12 à + 15
2 chambres à air de droite.	— 2 à — 3
2 chambres à gaz de droite.	— 9 à — 11
2 chambres à air de droite.	— 8 à — 9
Laboratoire du four, au milieu	0
Pied de la cheminée	— 38

TABLEAU VI. — PRESSIONS POUR DIFFÉRENTES POSITIONS DU REGISTRE DE LA CHEMINÉE.

Four n° 2 : charge du 30 août 1909.

ENDROITS où ont été faites les mesures	REGISTRE complètement levé. mm d'eau	REGISTRE à moitié fermé. mm d'eau
Carneau de gaz	+ 35	+ 42
Chambres à gaz en commu- nication avec la cheminée. }	— 20	— 12
	— 18	— 11
Chambres à air en commu- nication avec la cheminée.	— 10	— 7

H. L.

Le forgeage mécanique.

Le forgeage se fait actuellement, sauf pour les très petites pièces, soit au marteau pilon, soit à la presse à forger. Depuis quelque temps, la presse a supplanté le marteau-pilon pour les grosses pièces, tandis que le petit marteau actionné par la vapeur ou l'air comprimé reste en faveur pour les pièces de petites dimensions telles que les outils, etc.

Les figures 1 et 2 nous montrent la différence d'action mécanique, tandis que le marteau (fig. 1) n'exerce une action que sur la surface du métal, la presse

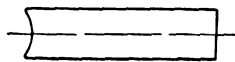


Fig. 1. — Forgeage au marteau.

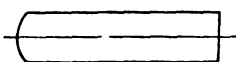


Fig. 2. — Forgeage à la presse.

(fig. 2) force le métal demi fluide à couler sous l'action de la forte pression exercée, tendant ainsi à augmenter sa densité :

Par conséquent, à consommation de vapeur égale, la presse est plus avantageuse.

Nous allons étudier les consommations de vapeur des différents systèmes.

1° MARTEAU A VAPEUR :

Poids du marteau	5 t
Diamètre du cylindre à vapeur	0 ^m ,690
Course du piston	1 ^m ,975
Pression initiale de la vapeur	8 kg
Pression moyenne effective	5 kg
Surface de l'enclume	0 ^{m²} ,12

Force due à l'accélération moyenne P,
donnée par la vapeur : $\frac{\pi}{4} 0,89^2 \times 5 \dots 18\ 683\text{ kg}$

Accélération totale due au poids du marteau et à la pression de la vapeur 46^m,50

Vitesse des parties en mouvement à la fin du choc par seconde 13^m,50

Energie cinétique des parties en mouvement 47 250 kgm

On peut admettre qu'à partir du choc, les parties en mouvement subissent un déplacement d'environ 4 cm. La force retardatrice qui s'oppose à ce déplacement est d'environ 1 200 t. Seulement, il faut tenir compte du travail absorbé par l'élasticité des fondations et les vibrations (environ 1/3), ce qui ramène à 2 cm 5 la compression utile.

Consommation de vapeur par coup de piston, 3 kg.

2° PRESSE. — Dans le cas d'une presse de même puissance, les conditions sont moins simples et la consommation dépend à la fois de la façon dont la presse opère et des pertes d'énergie occasionnées par les transmissions.

Il existe deux variétés de presse :

a) Presse hydraulique proprement dite, dans laquelle l'eau est

amenée directement sous pression au moyen d'accumulateurs actionnés par des pompes séparées ;

b) Presses hydrauliques à vapeur, dans lesquelles l'eau sous pression est obtenue dans un appareil à vapeur.

Le type a) est représenté schématiquement par la figure 3. Le tuyau situé au sommet du cylindre est relié, soit directement, soit au moyen d'un accumulateur hydraulique à une pompe à forte pression.

Le type b) est représenté schématiquement par la figure 4.

Sur la base V sont fixés quatre montants XX, supportant les cylindres à eau et vapeur et l'enclume inférieure.

La traverse H porte la matrice supérieure S et se déplace sous l'action des pistons coulisant dans les cylindres à vapeur RR.

L'admission de vapeur au sommet du cylindre A, enfonce la tige C dans le cylindre P rempli d'eau et oblige le plongeur PD à s'abaisser avec la traverse.

Les cylindres P, F, F et le 1/3 de la chambre à air sont remplis d'eau ; cette dernière contient de l'air comprimé à 6 kg environ, pression suffisante pour élever le piston C jusqu'au sommet de sa course.

Les surfaces du plongeur D et des secteurs de cylindre F, F sont égales de façon à contrebalancer l'action de l'air comprimé qui agit dessus en sens inverse.

En ouvrant la valve de frein V, en relation avec la chambre à air W et le cylindre P, l'eau s'écoulera dans W ; de sorte que l'admission de la vapeur aux cylindres R, R permettra l'élévation de la traverse.

L'expérience a prouvé la supériorité d'un tel appareil sur le système pompe à vapeur avec volant et accumulateur, à cause de l'intermittence demandée dans leur fonctionnement.

Le travail effectif du marteau était de 2 700 kgm par coup. Admettons qu'une presse fournisse le même travail ; il est normal de considérer une perte de pression dans les tuyaux de 10 % et un rendement de 75 % pour la pompe.

On trouve comme consommation de vapeur pour la presse hydraulique 2 kg 83, au lieu de 3 kg pour le marteau.

La figure 4 représente la forme la plus pratique pour une presse à forger ; il n'y a pas d'espace nuisible ni de fuites possibles et la pression est utilisée constamment dans le cylindre, où elle est produite, évitant ainsi toutes les pertes dues aux transmissions intermédiaires.

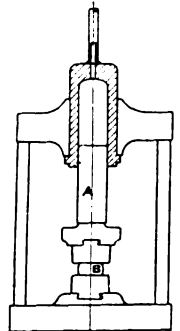


Fig. 3. — Type de presse à forger (type a).

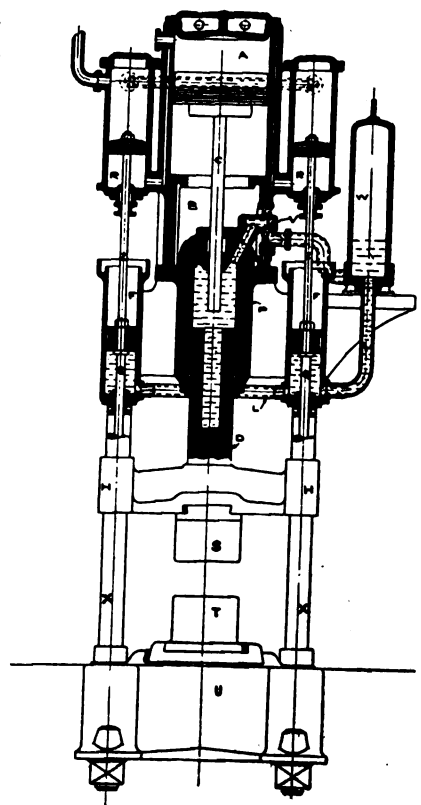


Fig. 4. — Dispositif de presse à forger (type b).

André VIDAL.

La soudure autogène des métaux.

De nombreux industriels nous ayant demandé des renseignements sur la soudure autogène, nous avons pensé qu'il leur serait utile de leur présenter l'état actuel de cette question.

La soudure autogène des métaux proprement dite est l'assemblage, par voie de fusion plus ou moins complète, de pièces métalliques de même nature dont les surfaces sont mises en contact à haute température, sans interposition résiduaire d'un métal différent de celui qui constitue les pièces. Elle se différencie très nettement de la brasure, dans laquelle on interpose, entre les pièces à réunir, un métal étranger qui en assure l'assemblage.

La soudure à l'étain, bien connue, est donc une brasure. Au contraire, la soudure, depuis longtemps pratiquée, de feuilles de plomb entre elles est un exemple de soudure autogène. Mais si la soudure autogène du plomb a pu être réalisée facilement depuis de nombreuses années, en raison de la très basse température de fusion de ce métal, il n'en a pas été de même pour le fer, les aciers, les bronzes, etc... Pour ces métaux, la possibilité de la soudure autogène n'a pu être envisagée d'une façon pratique qu'à partir du moment où l'oxygène a été obtenu en fabrication industrielle. A l'heure actuelle, on ne considère guère comme moyens pratiques de réalisation de la soudure autogène que les procédés utilisant, d'une part, l'oxygène comme combustible, et, d'autre part, différents gaz comme comburants. Les comburants uniquement employés sont : l'hydrogène, l'acétylène et le gaz de houille.

TABLEAU I.

	MÉLANGE oxy- acétylénique	MÉLANGE oxyhydrique	MÉLANGE oxygaz
Température produite par la combustion complète du mélange. (environ).	3 000°	2 000°	1 600°
Nombre de calories fournies par la combustion complète de 1 m ³ de gaz combustible (environ).	14 000	2 600	5 500
Quantité d'oxygène pur théoriquement nécessaire pour la combustion complète de 1 m ³ de gaz combustible.	2 m ³ 510	0 m ³ 620	0 m ³ 923
Quantité d'oxygène pur fournie au chalumeau pour 1 m ³ de gaz combustible (résultats d'expérience)	1 m ³ 300	0 m ³ 250	0 m ³ 670
Quantité des gaz à fournir au chalumeau pour l'obtention de 1 000 calories.	A = 66 ^l ,66 O = 86 ^l ,66	H = 384 ^l ,60 O = 96 ^l ,15	G = 181 ^l ,81 O = 121 ^l ,21
Prix de revient des 1 000 calories (en tenant compte des prix indiqués ci-dessous)	Acétylène dissous : 0 fr 705 Acétyl. par générateur. 0 fr 304	0 fr 769	0 fr 278

Il ne rentre pas dans le cadre de cette note de rechercher les avantages que peut présenter un système sur un autre. Le tableau I réunit quelques chiffres intéressants et permet d'établir rapidement des comparaisons entre les trois procédés. Pour le calcul du prix de revient des calories, les gaz y sont comptés au cours moyen actuel, soit : l'acétylène dissous à 8 fr le mètre cube, l'hydrogène à 1 fr 50 le mètre cube, et l'oxygène à 2 fr 50.

La pratique de plusieurs années a confirmé les conclusions qui se dégagent des chiffres précédent et il est maintenant unanimement reconnu que le chalumeau oxyacétylénique (fig. 1) est

de beaucoup l'appareil le plus convenable à tous les points de vue, pour tous les travaux courants de soudure autogène.

Bien que la soudure autogène des métaux courants ne soit connue que depuis quelques années, on peut dire qu'à l'heure actuelle, elle a pénétré dans toutes les industries et il est bien peu d'ateliers de construction, de chaudronnerie notamment, qui n'utilisent un ou plusieurs postes de soudure autogène.

Pour donner une idée, d'ailleurs assez vague, des applications du chalumeau, nous décrirons ci-dessous quelques-uns des travaux qui sont le plus couramment réalisés dans différents genres d'industries. Cette description sera forcément très incomplète, car si l'on voulait signaler toutes les applications de la soudure autogène, il faudrait passer en revue toutes les branches de l'activité industrielle.

CHAUDRONNERIE. — Une des applications les plus importantes de la soudure autogène est certainement sa substitution au rivetage et à l'agrafage dans le travail de la tôle d'acier. Tous les ateliers de chaudronnerie appliquent, sur une échelle plus ou moins grande, la soudure autogène qui leur permet d'exécuter beaucoup plus économiquement et beaucoup plus rapidement de nombreux travaux. On parvient même, par l'emploi du chalumeau, à réaliser en chaudronnerie, des pièces que l'on aurait été précédemment obligé d'établir par voie de fusion. De nombreux types de chaudières de chauffage de formes plus ou moins compliquées (pour mieux utiliser les calories) en sont un des meilleurs exemples.

La plupart des réservoirs sont maintenant confectionnés par soudure autogène. Ce procédé est particulièrement intéressant pour les récipients destinés à contenir des gaz sous pression ou des liquides très mobiles tels que le pétrole.

En effet, en dehors des avantages de poids, d'encombrement et de prix que les récipients soudés présentent sur les récipients rivés ou agrafés, il faut considérer le point très important de l'étanchéité absolue, qui est très difficile à obtenir par rivetage, même après étamage et soudure à l'étain, surtout lorsque les réservoirs sont destinés au transport et sont, par suite, soumis à des chocs continuels.

L'emploi du chalumeau en chaudronnerie n'est d'ailleurs pas limité à la construction neuve, car il permet bien souvent de sauver des pièces qui seraient irréparables par d'autres procédés. En particulier, la réparation des chaudières par la soudure autogène a pris, dans ces dernières années, un développement considérable, grâce à l'emploi de l'acétylène dissous qui permet d'exécuter le travail sur place, sans démontage et dans des délais excessivement réduits.

C'est à la Société « L'acétylène dissous du Sud-Est », de Marseille, que revient l'honneur des premiers travaux importants de réparations des chaudières marines. Maintenant, la soudure autogène s'est tellement développée dans cette application qu'il en est résulté la formation d'une industrie spéciale. A titre d'indication, nous signalerons qu'en France plus de deux cents ouvriers soudeurs travaillent d'une façon continue à bord de navires, pour la réparation de leurs chaudières. Les figures 2 et 3 donnent une idée des travaux importants que l'on n'hésite pas à réaliser maintenant par ce procédé.

SOUDURE DE RAILS. — L'application du chalumeau à l'assem-

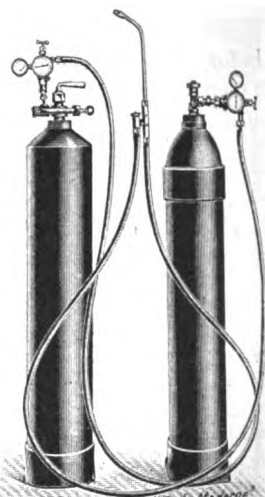


FIG. 1. — Dispositif d'un poste de soudure à l'acétylène dissous.

blage des rails est des plus intéressantes, car elle a permis de réaliser le mode d'assemblage que nous considérons comme le plus rationnel de ceux qui existent actuellement. Le système

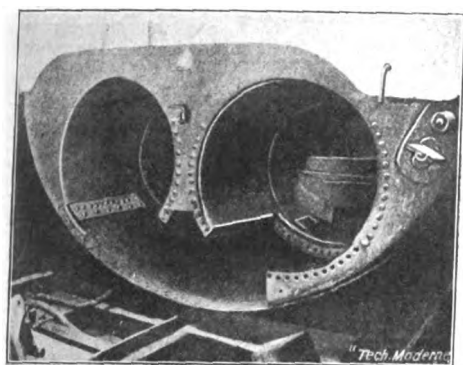


FIG. 2. — Chaudière marine présentant un bas de façade et deux pièces de foyer hors d'usage. Ces parties défectueuses ont été découpées au chalumeau.

peut facilement faire varier les proportions. On calcule les dimensions de ce sabot de telle façon que la résistance à la flexion, au point de jonction, soit égale ou même supérieure à celle du rail lui-même. Sans doute, dans le cas de l'éclissage mécanique, on calcule la section des éclisses de façon à ce que la résistance du joint à la flexion soit théoriquement égale à celle du rail. Mais,

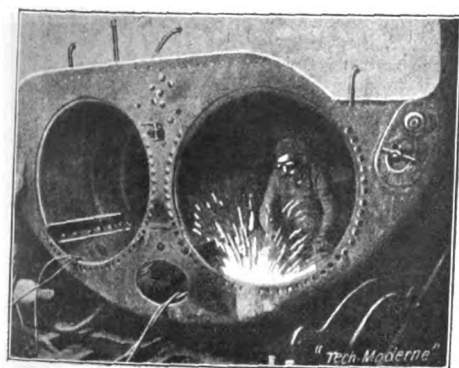


FIG. 3. — La même chaudière sur laquelle on soude le bas de façade neuf.

pratiquement, il n'en est jamais ainsi, car les surfaces en contact ne sont pas toujours parfaitement adhérentes; les boulons se desserrent ou se cisailent, etc., et, en réalité, les joints éclissés ne présentent à la flexion que des résistances beaucoup inférieures à celles qui sont prévues théoriquement.

Avec le système A. D. S. E., au contraire, la résistance ob-

tenue lors de la mise en place ne variera pas pendant la durée du service ou, tout au moins, ne diminuera que très faiblement, proportionnellement à la fatigue du métal lui-même.

RÉPARATION DES PIÈCES COULÉES EN ACIER, FONTE ET ALUMINIUM. — Le chalumeau oxyacétylénique est employé d'une façon courante, non seulement dans les fonderies d'acier pour faire

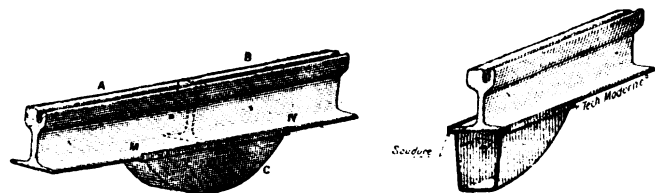


FIG. 4. — Joint de rail système A. D. S. E.

disparaître les soufflures ou défauts venus de fabrication et qui nuisent au bel aspect des pièces, mais aussi et surtout par tous les ateliers et chantiers qui utilisent des pièces en acier moulé : les godets de dragues notamment sont des pièces qui, en service, sont soumises à des efforts considérables qui amènent très fré-

quemment des ovalisations des œils ou des cassures diverses dans les arrondis. Ces défauts sont réparés maintenant d'une façon courante, au moyen de chalumeau oxyacétylénique. La figure 5 montre la réparation d'une cassure qui s'était produite dans l'arrondi d'un godet.

La réparation des pièces en fonte de fer et en aluminium s'exécute également d'une façon courante par soudure autogène, bien que ce soit là un travail assez délicat qui nécessite des précautions spéciales au point de vue du réchauffement et du refroidissement des pièces, et qui demande à être exécuté par des ouvriers bien exercés.

Certaines maisons se sont fait une spécialité de la réparation des pièces en fonte, et notamment des culasses d'automobiles, qui se fendent très fréquemment par la gelée. Les figures 6 et 7 représentent un cylindre de machine à vapeur Corliss de 600 chevaux, dont l'alésage est de 80 cm. Cette pièce

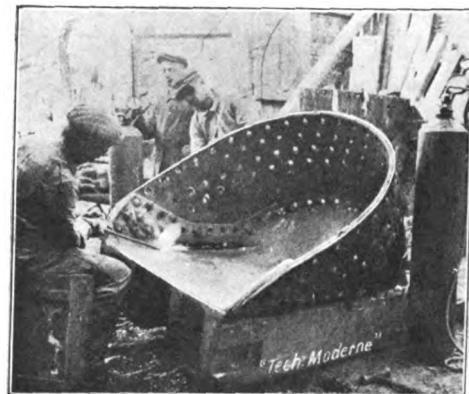


FIG. 5. — Réparation au chalumeau oxyacétylénique d'une cassure de 0m,60 de long, dans un godet de drague.

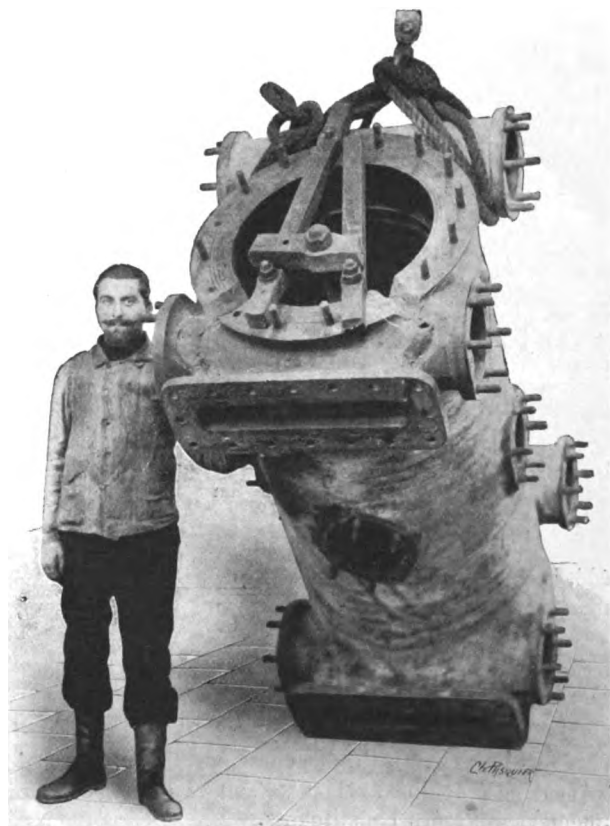


FIG. 6. — Cylindre de 0m,80 d'alésage présentant deux cassures.

présentait deux cassures très importantes qui ont pu être réparées par soudure autogène. On a pu ainsi sauver en quelques jours cette pièce de très grande valeur, qui n'aurait pu être remplacée par les procédés habituels que dans un délai de plusieurs mois. A titre d'indication, nous signalerons que le tra-

vail a nécessité la dépense de 20 m³ d'acétylène dissous et 20 m³ d'oxygène, et qu'il a été rapporté plus de 25 kg de fonte dans les chanfreins qui avaient été préparés au préalable le long des cassures.

La réparation, par le chalumeau, des moulages d'aluminium

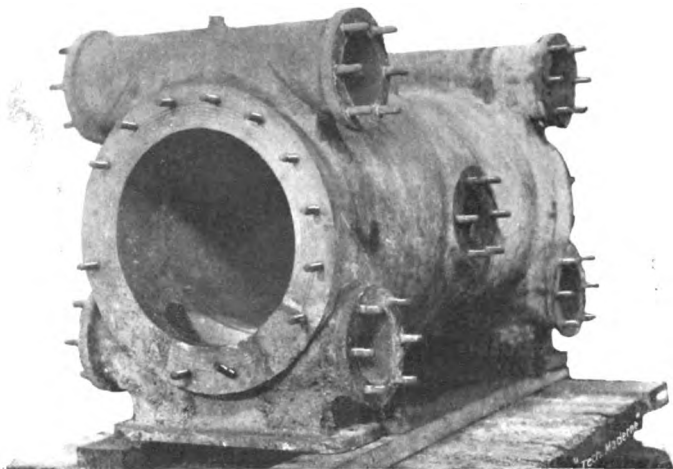


FIG. 7. — Le même cylindre (fig. 6) après réparation par soudure autogène.

présente un intérêt tout particulier dans l'industrie automobile, car le nombre des carters qui se trouvent défoncés par des chocs ou dont les pattes d'attache se rompent en service, est très considérable, et la valeur de ces pièces est importante. La figure 8

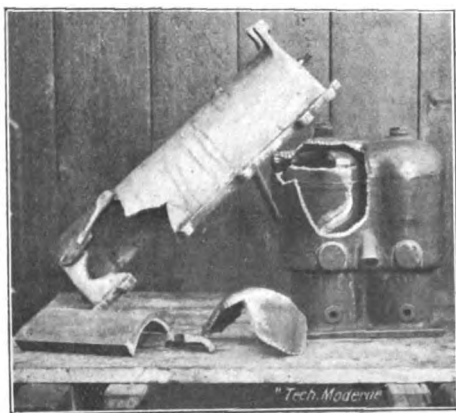


FIG. 8. — Carter en aluminium et culasse de moteur en fonte, destinés à être réparés au moyen du chalumeau oxyacétylénique.

donne une idée des travaux qui peuvent être réalisés ainsi sur des pièces en aluminium.

Bien que nous n'ayons dans cette courte étude qu'étudié rapidement la question, nous pensons que les quelques exemples ci-dessus donneront au lecteur un aperçu des nombreux avantages que présente l'emploi judicieux de la soudure autogène, et lui expliqueront pourquoi ce

procédé, bien que relativement nouveau, a déjà transformé complètement bien des industries.

R. THOMAS,

Ingenieur des Arts et Métiers.

PAPETERIE (INDUSTRIE DE LA)

La coloration du papier en surface.

Dans la majeure partie des cas, on colore le papier en ajoutant à la pâte dans une pile raffineuse, soit les matières colorantes elles-mêmes, soit leurs constituants.

Grâce au travail de la pile, les substances mises en présence se mélangent intimement et la fibre se teint au sens exact du mot lorsqu'il s'agit de colorants organiques appropriés ou se colore par incorporation mécanique de pigments s'il s'agit de couleurs minérales.

Si l'opération est judicieusement conduite, le résultat final est : une masse de pâte possédant une teinte donnée jusque dans ses parties les plus profondes, par suite, en bout de machine, une

feuille colorée dans toute son épaisseur. C'est la coloration dite *en pâte*, et il est nécessaire d'insister ici sur ses avantages, précisément en raison de leur réalisation difficile, au moyen de procédés plus parfaits à d'autres égards.

D'abord, il faut apprécier la généralité de la méthode qui permet l'exécution de toutes les teintes à peu près dans toutes les intensités. De plus, le papier coloré en pâte présente à plat une régularité et un fondu de teintes parfaits extrêmement difficiles à imiter, à condition, bien entendu, que l'opérateur sache son métier. La résistance de cette coloration dans les principales conditions envisagées en papeterie est satisfaisante (humidité, lumière, frottement sec et mouillé, pliage, etc.). C'est enfin un procédé relativement facile, n'exigeant pas de matériel compliqué, permettant un travail rapide et se prêtant à la grande production.

Si l'on considère cependant que, pour produire un simple effet de surface, puisque l'extérieur de la feuille est seul apparent à l'œil, il faut colorer, non seulement les couches externes (les seules intéressantes dans ce cas particulier), mais encore toute l'épaisseur du papier, on voit que la coloration en pâte est un procédé coûteux, nécessitant une quantité de matières colorantes disproportionnée avec l'effet à obtenir.

De ce fait, toute autre méthode, pour être rationnelle, ne devra intéresser que ce qu'il est strictement nécessaire d'intéresser : les couches externes de la feuille. Cet autre procédé peut se dénommer *en surface* par opposition à la coloration en pâte. La réalisation pratique de cette idée se heurte à de sérieuses difficultés d'ordre technique, et nécessite des complications de matériel. Le motif d'économie n'eût peut-être pas justifié à lui seul des recherches longues, coûteuses et parfois incertaines, si l'on ne s'était trouvé dans l'obligation de colorer de teintes différentes les deux faces d'une même feuille. La solution rationnelle de ce problème est du plus haut intérêt, parce qu'elle permet la fabrication facile d'articles avantageux et très demandés sur le marché. Citons, comme exemple du genre, les papiers bicolores pour enveloppes, blancs d'un côté et colorés de l'autre dans le but « d'opacifier » l'enveloppe.

Examinons d'abord très rapidement les procédés les plus couramment usités pour obtenir ce résultat.

Le moyen le plus simple consiste à appliquer sur la feuille de papier une couche de couleur, à l'aide d'une machine à coucher pourvue d'un dispositif répartisseur et de brosses destinées à étendre et égaliser. Le bain est constitué par un délayage de charge (Kaolin généralement) additionné de matières colorantes dans les proportions convenables, et de colle. Selon le poids originel du papier, on met une couche de 10 à 20 gr au mètre carré, et les seules réelles difficultés opératoires sont : 1° de maintenir exactement la même teinte d'un bout à l'autre d'une fabrication ; 2° de couvrir parfaitement et régulièrement.

La réalisation de ces deux conditions exige elle-même une épaisseur uniforme du papier avant couchage, donc un poids invariable au mètre carré. En effet, la couche est posée sur la feuille *b* par un feutre sans fin mobile et complètement imbibé par un rouleau fournisseur *d*. Le poids de charge à mettre au mètre carré se règle par serrage du feutre contre un rouleau de cuivre *c*. Ledit serrage étant réglé pour un poids déterminé, si l'épaisseur de la feuille vient à diminuer, la compression du feutre contre le rouleau *c* diminue d'autant, ses fibres retiennent et, par suite, posent plus de couleur ; le poids de couche au mètre carré aug-

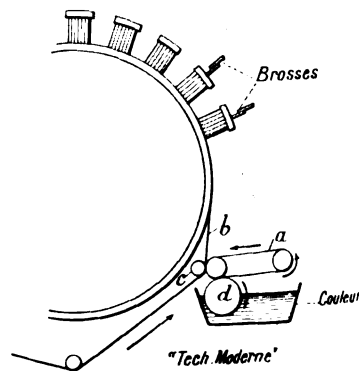


FIG. 1.

mente et la teinte se fonce. Lorsque l'épaisseur de la feuille redeviendra normale, l'effet inverse se produira, d'où irrégularité de teinte et d'opacité pour le papier fini. Il en sera de même lorsque les deux bords du papier seront d'inégale épaisseur : le bord mince prendra plus de couleur que le bord fort, d'où deux nuances sur une même feuille.

Il est impossible d'insister ici sur tous les détails et les tours de main de cette fabrication. Examinons plutôt le procédé dans son ensemble et voyons ce qu'il vaut.

Le couchage permet de faire toutes les teintes, depuis le lilas pâle jusqu'au rouge garance le plus monté. C'est une méthode de coloration extrêmement souple et générale, qui laisse au fabricant toute latitude pour se plier aux exigences les plus inattendues de la clientèle, telle que la reproduction de tous bois, de cuirs ou d'étoffes. De plus, l'uniformité et le fondu de la face couchée peuvent rivaliser avec la coloration en pâte.

Les teintes obtenues sont susceptibles d'être très résistantes à la lumière, il suffit de choisir les couleurs convenablement. Cependant, on n'acquiert l'insolubilité totale (résistance au frottement mouillé) qu'avec beaucoup de difficultés et par des procédés onéreux.

Mais le couchage a surtout le défaut d'être une *peinture* et, pour cette raison, il présente de graves inconvénients.

Si certaines teintes très faciles n'exigent pour être reproduites qu'un peu d'outremer bleu et de rhodamine, d'autres conduisent à des prix de revient exorbitants, égalent presque la valeur du papier avant couchage. Ce sont là des opérations hasardeuses, auxquelles on ne se livre que pour en amorcer d'autres plus profitables.

C'est de plus une *deuxième opération*, puisqu'il faut d'abord faire le papier, le mettre en bobines de largeur convenable, puis le coucher. Or, une deuxième opération exige un atelier à part qui grève naturellement le prix de revient, par suite de l'augmentation de la main-d'œuvre, de l'amortissement du matériel et du déchet qui peut aller ici jusqu'à 20 %.

La production d'un atelier de couchage, d'ailleurs faible, ne dépasse pas 1 200 à 1 500 kg par douze heures de travail et par machine. Enfin, et surtout, en tant que peinture, le couchage est une charge. Si, dans certains cas, cette charge permet d'obtenir des effets heureux à l'aide de matières premières peu coûteuses, il n'en est plus de même lorsqu'interviennent en première ligne les qualités natives du papier, ce qui est le cas du papier pour enveloppes. Cette charge, qui atteint normalement le 1/4 ou le 1/6 du poids du support, a pour conséquence immédiate d'alourdir : elle s'oppose directement par son poids et son inertie au cartoux, au nerf, à la bonne tenue du papier fini. Elle produit le désastreux effet du *tassement*, grâce auquel une boîte contenant 100 feuilles et 100 enveloppes paraît n'en tenir que moitié, cela parce que le papier s'affaisse au lieu de bouffer. Le client a bien son compte, mais la marchandise se présente très mal. Pour ces raisons, le couchage ne s'applique guère qu'à des papiers de très bonne qualité et travaillés convenablement pour contrebalancer l'influence néfaste de la charge.

En résumé, c'est un procédé lent, coûteux, et réservé principalement aux qualités supérieures.

(A suivre.)

WALTER.

TRAVAUX PUBLICS

La maison moulée de Santpoort.

Le problème des maisons ouvrières, c'est-à-dire des maisons à bon marché est un de ceux qui préoccupent le plus les chercheurs de solutions sociales pratiquement réalisables.

Malgré des essais de toutes sortes, il est certain que les maisons économiques construites jusqu'ici dans les divers pays ne réalisaient ce *desideratum* qu'au détriment de la solidité, de

l'esthétique et de la durée. Dans certaines villes, on a bâti des rues entières de maisons à bon marché, mais d'une uniformité fatigante et d'une simplicité par trop triste, exigeant, en outre, de grosses réparations annuelles; beaucoup de ces maisons ne peuvent pratiquement durer qu'une dizaine d'années.

C'est donc à l'emploi de matériaux nouveaux qu'il fallait recourir pour arriver à des résultats tangibles.

Vers 1897, Edison émettait une idée nouvelle, celle de couler du ciment dans de véritables moules pour constituer des maisons à bon marché, fabriquées en série comme les pièces métallurgiques qu'on coule dans des moules de fonderie.

Mais la réalisation pratique de cette idée

n'a eu lieu que tout récemment. Le 3 mai 1911, en effet, dans le petit village de Santpoort, près de Haarlem, en Hollande, une première maison de deux étages, comprenant cinq pièces, a été coulée en huit heures dans un moule *ad hoc*. Le 10 mai suivant, on a démonté le moule de cette maison démonstrative et, une fois les plaques de fonte enlevées, les murs se sont présentés avec une surface finie, la maison étant achevée et prête pour recevoir les aménagements intérieurs.

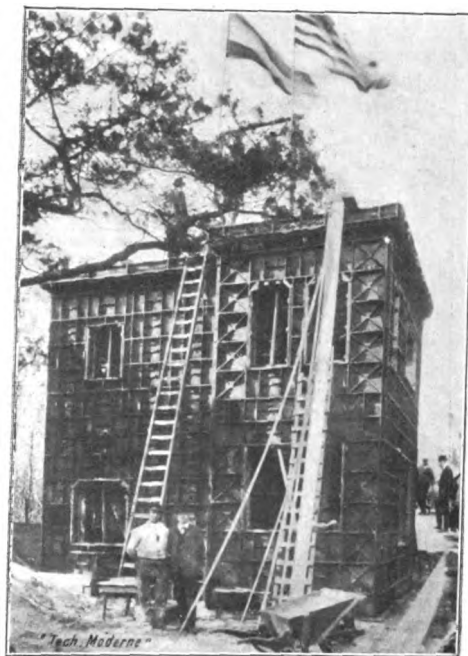


FIG. 1. — Maison moulée de Santpoort, le moule étant monté.



FIG. 2. — Opération du coulage de la maison de Santpoort.

C'est le système M. C. C. (Monogram Construction Company) qui a permis de réaliser le rêve d'Edison.

Ce système breveté est caractérisé par le moule et par la construction; celle-ci est faite au moyen d'un ciment ou béton

liquide d'une composition spéciale et de prise très rapide, qui est le secret des inventeurs, M. M. Henry J. Harms Jr. et George E. Small, anciens collaborateurs d'Edison en Amérique.

M. Harms a pu expérimenter, pour la première fois, ce nouveau procédé en Hollande, grâce à la collaboration de M. Hana.



FIG. 3. — Démontage du moule de la maison de Santpoort.

Il a été aidé, pour la partie artistique, par M. H. P. Berlage, architecte, qui a fait les plans de la villa.

Pour établir une maison moulée, on commence par river deux séries de caissons en fonte formant les parois extérieures et inférieures de l'édifice. Ces caissons, constituant ainsi un véritable moule, peuvent avoir les formes les plus variées, selon la fantaisie des constructeurs, et leur combinaison peut permettre à l'architecte d'établir des plans présentant des variantes.

Lorsque la maison est ainsi construite schématiquement dans ses diverses parties par l'installation de ces caissons métalliques, on coule à l'intérieur du moule le ciment spécial au système.

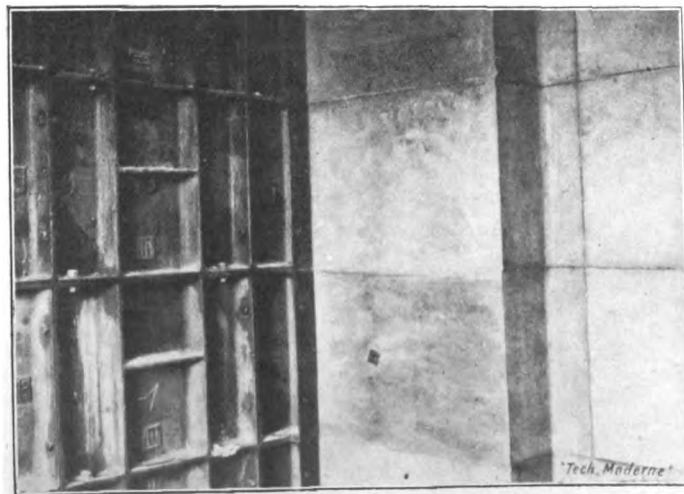


FIG. 4. — Vue intérieure de la maison moulée, pendant le démontage des moules.

On coule d'abord à part le fondement en fonte de la maison, en même temps que les planchers, les toits et les marches de l'escalier. Un mois après, les plaques du moule du rez-de-chaussée, extérieures et intérieures, sont posées. On place dedans l'armature en fonte préalablement préparée, puis l'escalier et le plancher. On assemble de même manière le premier étage. Les

plaques dont le moule est constitué sont en fonte; elles sont préparées chimiquement, de façon que le béton ne s'y attache pas et que les murs, après l'éloignement des plaques, montrent une surface bien unie, c'est-à-dire achevée. Ces murs présentent alors une belle couleur crème.

Le moule étant complètement assemblé, du haut du toit, d'un seul point, on fait couler le béton dedans. En huit heures, tous les espaces compris entre les parois du moule, même les plus petits, sont entièrement et également remplis. Les murs, conduits de fumée, etc., sont ainsi construits. Quelques heures après, la masse est suffisamment prise pour pouvoir supporter le poids d'un homme sans aucune déformation ⁽¹⁾. Trois jours après la coulée, on éloigne les plaques du moule, puis on pose les toitures. Il ne reste plus alors qu'à établir les portes et les fenêtres et qu'à peindre ou tapisser les murs. En un mois, une maison peut être ainsi aménagée pour pouvoir être habitée.

Avec un nombre de moules suffisant, on peut naturellement établir, dans le même temps, un groupe de deux, quatre, six, dix, vingt maisons, ou davantage. Les mêmes moules peuvent servir à nouveau pour l'établissement de constructions identiques, et plus on a de maisons à construire, plus évidemment le prix de revient unitaire diminue.

On estime que la maison établie à Santpoort, si elle avait été faite en briques par les procédés ordinaires, aurait coûté environ 3000 florins (6270 fr); or, elle n'est revenue qu'à 1800 florins (3760 fr), par le procédé M. C. C.

La figure 1 représente la maison de Santpoort le moule étant monté. Sur la figure 2, on voit pratiquer l'opération du

coulage. Sur la figure 3, on procède au démontage du moule. La figure 4 représente une vue intérieure pendant le démontage; on y aperçoit la surface achevée du mur. Enfin, la figure 5 représente la maison terminée, après l'enlèvement des plaques du moule.

Les maisons moulées sont très hygiéniques; leur mode de construction les protège efficacement contre les dégâts que pourrait provoquer le feu, l'eau et la vermine. Le béton armé conduisant mal la chaleur, ces maisons sont moins chaudes en été que les autres, et moins froides en hiver. Elles procurent donc une économie de chauffage très appréciable. Elles n'exigent aussi que des réparations peu importantes, et leur prix de revient est d'environ 30 % inférieur à celui des maisons ordinaires.

Bien que nous manquions de certains détails techniques nous permettant de discuter les affirmations des inventeurs, la maison moulée n'en est pas moins une innovation qui peut être le point de départ d'une modification profonde des procédés courants de construction.

Paul BARRÉ.



FIG. 5. — La maison de Santpoort achevée, tous les moules étant enlevés.

(1) Sans avoir employé le ciment spécial, avec du ciment ordinaire, on a pu aussi constater que, six heures après le coulage, les murs étaient assez durcis pour pouvoir supporter un homme.

NOTES DE MÉCANIQUE ET DE PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Ce qu'il faut contrôler dans une chaufferie. — La force motrice à l'Exposition de Turin. — La pompe à explosion de Humphrey.

Ce qu'il faut contrôler dans une chaufferie. — La question du contrôle économique de la chauffe et de la combustion, dont on reconnaît généralement aujourd'hui la nécessité, exige une mise au point.

On confond d'ordinaire, ou plutôt l'on ne distingue pas suffisamment l'un de l'autre, les deux éléments essentiels d'un contrôle, à savoir : le réglage et le contrôle permanent ou régulier.

Nous nous plaçons ici au point de vue essentiellement pratique, celui par exemple d'un industriel désireux de supprimer le gaspillage évident du charbon qui prend place dans une chaufferie non surveillée, mais qui cependant ne veut pas voir ladite chaufferie se transformer en un coûteux laboratoire de mesures, doublé de savants opérateurs rendus indispensables par les instruments.

Le problème ainsi posé doit se résoudre par l'application judicieuse du « réglage » et du « contrôle ».

Le « réglage » se fait une fois de temps en temps : il consiste à consacrer quelques jours à étudier le fonctionnement des générateurs, à examiner la valeur des pertes et les moyens de les réduire, à faire un essai de vaporisation pour déterminer le meilleur combustible ou mélange de combustibles, à rechercher en un mot les conditions de marche donnant la tonne de vapeur au plus bas prix.

Ceci fait une fois pour toutes, par exemple pour la durée d'un marché de charbon, le contrôle qui doit être, lui, permanent, quotidien, a simplement pour but de vérifier régulièrement si le réglage est observé d'une façon suffisante dans la marche de tous les jours.

Eclairons maintenant les données du problème.

Le réglage doit consister surtout à vérifier si les conditions chimiques et physiques de la combustion sont bien observées. Les conditions physiques sont aussi importantes que les autres : elles consistent à trouver le charbon ou plutôt le mélange de charbon présentant la meilleure tenue au feu, pour l'allure de combustion adoptée ; ne pas dépasser 80 kg par m² de grille et par heure, avoir un charbon se cokéfiant bien (ni trop maigre, ni trop gras), des cendres peu fusibles, tels sont les points essentiels à examiner.

Le second point du réglage, qui consiste à proportionner convenablement l'air au charbon, se résout par l'analyse des gaz, et dans ce but le vieux appareil Orsat est encore ce qu'il y a de mieux. Condition essentielle toutefois : opérer toujours sur des moyennes de plusieurs heures, de dix heures de préférence.

Les analyseurs automatiques enregistrant sont, en pareil cas, non seulement inutiles, mais encore nuisibles. D'abord, on n'est jamais sûr que ce qu'ils indiquent soit exact : on doit les vérifier par comparaison avec un Orsat ; autant vaut, par conséquent, employer de suite un Orsat. Ensuite, ils n'enregistrent que l'anhydride carbonique ; or, dans un réglage, il faut une analyse complète.

Nous insistons sur le fait d'analyse complète : le réglage, les trois quarts du temps, revient à fermer le registre pour éviter les excès d'air ; au fur et à mesure qu'on baisse le registre, le pourcentage d'anhydride carbonique augmente, il continuera à monter, même si l'air devient insuffisant, mais alors on constatera des proportions de plus en plus importantes d'oxyde de carbone, ce que n'indiquera pas l'analyseur automatique.

Les différentes caractéristiques du réglage étudiées, on relèvera, à la grille, le diagramme de dépression correspondant. Ce diagramme devient une véritable photographie de l'état du feu le plus satisfaisant, et il suffira alors de chercher à le reproduire quotidiennement pour être certain qu'on marche chaque jour dans des conditions favorables.

C'est ici que le contrôle permanent intervient. L'appareil à employer doit être avant tout robuste, simple, indé réglable, et ne pas exiger d'autre entretien que le remplacement du bulletin, chaque jour, ce qui peut être fait par une personne quelconque. En outre, s'il y a plusieurs chaudières, il faut un appareil par chaudière, faute de quoi le contrôle est illusoire.

La faillite des analyseurs automatiques dans cet ordre d'idées a été complète ; ils sont fragiles, délicats, coûteux. Si l'on veut qu'ils indiquent quelque chose, il faut absolument les confier aux soins de quelqu'un de compétent et de minutieux. Ce n'est pas tout encore :

leurs indications sont impossibles à interpréter si l'on n'a pas été présent lors de l'enregistrement du phénomène ; en un mot, si le diagramme indique bien que la marche a été bonne ou mauvaise, il ne dit pas *pourquoi* elle a été bonne ou mauvaise.

La diminution de l'acide carbonique (excès d'air) peut, en effet, être due à des causes diverses : registre trop ouvert, grille dégarnie ou mal garnie, fissures dans la maçonnerie ou effondrement de chicanes, etc., et ces diverses causes produisant le même effet, il est impossible de les identifier *après coup*. Un bon diagramme d'acide carbonique laisse place lui-même à une certaine indécision, car on n'a aucune idée de l'allure de combustion à laquelle il a été obtenu ; on peut, en effet, obtenir facilement de beaux diagrammes aux allures de combustion réduites, mais alors brûlant peu de combustible ou produisant évidemment peu de vapeur.

Bref, au point de vue technique comme au point de vue pratique, l'analyseur enregistrant est un outil cher qui ne « paie » pas. Les appareils de dépression, peu coûteux et d'entretien nul, lui sont de beaucoup supérieurs.

Il convient toutefois de faire certaines observations dans l'emploi de ces appareils. Le simple enregistreur de tirage placé au registre ne fournit que bien peu d'indications intéressantes ; un enregistreur différentiel, placé comme le font généralement les Allemands entre le foyer et le registre, constitue un moyen d'investigation à peine plus heureux : c'est un mesureur du débit de gaz qui traverse la chaudière, permettant de se rendre compte indirectement des allures de combustion et de la régularité des chargements du foyer, mais qui donne peu d'indications concernant l'état du feu.

Comme nous l'avons montré ici même, la véritable solution consiste à mesurer la différence de pression entre le dessus et le dessous de la grille, ou, en d'autres termes, la résistance offerte au passage de l'air par la couche en ignition. L'air produisant son effet utile au contact du charbon, il est élémentaire de faire la mesure en ce point : nous avons baptisé *Doseur d'air*, l'enregistreur de différence de pression ainsi appliqué, pour bien marquer la différence dans les mesures effectuées. Sur un diagramme de doseur d'air, les incidents précédemment énoncés se retrouvent marqués par un aspect spécial, et il devient possible de faire la « lecture » du diagramme *après coup*, ce qui est l'essence même d'un moyen de contrôle ⁽¹⁾.

Avoir un appareil de mesure est bien, s'en servir est mieux.

Il faut se rappeler que l'instrument n'est qu'un moyen ; il ne suffit pas de l'acheter et de l'abandonner en quelque coin d'usine, mais encore de s'en servir et de profiter de ses indications. Cela exige au début un peu de mal, mais rend de grands services.

Enfin, autre point essentiel, une chauffe bien conduite, c'est-à-dire économique, est plus pénible à la fois physiquement et moralement. Il faut charger plus fréquemment, manœuvrer des registres, dépenser une certaine dose d'attention, toutes choses que les chauffeurs ne voient pas d'un bon œil.

Aussi, comme les économies à réaliser sont fort importantes, il est tout indiqué d'en abandonner une fraction au chauffeur sous forme de primes aux beaux diagrammes. La pratique nous a montré qu'il fallait généralement en venir là, à moins de solutionner radicalement la question du chauffeur par l'emploi du foyer mécanique.

La force motrice à l'Exposition de Turin. — L'Exposition de Turin montre avant tout les progrès considérables de l'industrie italienne en électrotechnique, mais elle témoigne aussi d'un certain effort en mécanique.

A cet égard la grande nouveauté était la *pompe à explosion* de Humphrey, représentée en Italie par le *Tecnomasio Brown Hoveri*, de Milan.

Franco Tosi pour les moteurs thermiques, A. Riva pour les moteurs hydrauliques restent les deux grands maîtres de la mécanique italienne. Togni, pour la chaudronnerie (et en particulier les conduites forcées), Marti, pour les transmissions, complètent la tétralogie des constructeurs italiens pouvant rivaliser avec les grands établissements étrangers.

Le stand des grands ateliers de Legnano montrait en action une station centrale complète, avec d'une part un groupe turbine à vapeur, de l'autre un moteur Diesel. Le Diesel est très en honneur en ce moment et l'on en voyait un grand nombre à Turin.

(1) Voir IZART : *Combustion dans les chaudières*.

Deux choses intéressantes sont à remarquer dans l'exposition de Tosi; nous avons noté : 1° différents détails de construction de la turbine, système Tosi, qui est une turbine mixte à action-réaction que nous décrirons plus tard; l'exécution est remarquable; 2° une légère modification ou plutôt une addition à la grille classique de Babcock, dite à chaîne sans fin. Cette addition consiste en une grille plane inclinée, faisant office d'avant-foyer, où le combustible glisse avant de tomber sur la chaîne proprement dite. Cette modification permet de brûler efficacement et sans fumée les charbons gras; elle est due à l'ingénieur de Strens, à Milan.

Au stand Riva, le grand constructeur milanais présentait entre autres choses intéressantes un régulateur automatique de turbines hydrauliques dont la facture mécanique est excellente : les organes sont robustes, accessibles et tournent dans l'huile. En outre, un organe auxiliaire, commandé depuis le tableau, permet de faire varier la vitesse, ce qui facilite considérablement la mise en parallèle des unités; la compensation automatique de l'inertie assure une vitesse constante à toutes charges; enfin un dispositif pour régler le niveau du canal d'arrivée proportionne l'ouverture de la turbine à la quantité d'eau disponible.

Les établissements Togni n'exposaient que des photographies des importants travaux qu'ils ont accomplis.

Enfin, pour la première fois, une maison italienne, la maison Rossetti, exposait un épurateur d'eau d'alimentation d'invention et de construction italiennes; la solution du problème délicat du dosage du réactif proportionnellement à l'eau brute, aux régimes variables, y est très approchée.

En résumé, l'industrie italienne progresse rapidement; l'extraordinaire essor de la houille blanche rendu possible par l'électricité qui a pris sa place aujourd'hui dans les plus humbles vallées d'Italie, et jusqu'en Sicile, lui a été un stimulant salubre.

Et ceci est d'autant plus méritoire que le fer et la houille font défaut à l'Italie.

La pompe à explosion de Humphrey. — Cet appareil, qui fonctionnait sous la forme d'une pompe débitant 42 m³ par minute, a été déjà décrit dans « La Technique Moderne ». Nous ne donnerons donc ici que quelques détails complémentaires (*).

Dans cette pompe, la force d'expansion des gaz de la combustion agit directement sur la masse liquide à soulever, et l'on utilise les oscillations qui en résultent pour réaliser les phases du cycle à quatre temps des moteurs à combustion interne.

La pompe se compose essentiellement de trois parties : la chambre de combustion, la chambre des valves d'aspiration, et le tube-cylindre qui connecte la pompe au lieu de refoulement.

Les figures 1 et 2 montrent la disposition de ces différents organes. Le fonctionnement est le suivant :

1° L'explosion a lieu, le liquide est chassé dans le tube de refoulement et déversé à l'autre extrémité; à un certain moment de la course, les valves d'admission du liquide s'ouvrent, ce qui détermine l'aspiration d'une certaine quantité d'eau;

2° La masse liquide revient sur elle-même; la valve d'échappement est ouverte; les gaz sont expulsés jusqu'au moment de la fermeture, où ils constituent un coussin élastique amortissant le choc;

3° La masse liquide retourne en une nouvelle oscillation, le matelas de gaz comprimés se détend; puis la valve d'aspiration est ouverte, et l'aspiration du mélange explosif a lieu;

4° La masse liquide revient, toutes les valves sont fermées : c'est la compression du

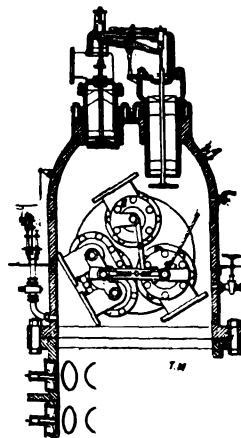


Fig. 1. — Coupe par le cylindre de la pompe à explosion Humphrey, et plan.

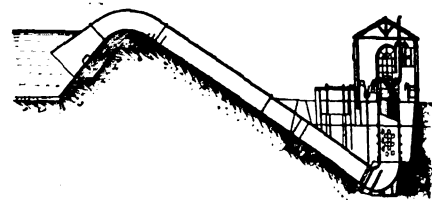


Fig. 2. — Dispositif de l'installation d'une pompe à explosion Humphrey.

mélange frais. Ensuite l'explosion se produit et le cycle se renouvelle.

Cette application directe et très ingénieuse de l'explosion à la colonne liquide qui fait ainsi office de piston, permet d'obtenir un rendement global en eau élevée très supérieur aux pompes ordinaires; la consommation de charbon au gazogène (anthracite ou coke) est en général inférieure à 0,5 kg par cheval-heure; la dépense d'un appareil de ce genre est ainsi très faible. Pour soulever un débit de 80 m³ à l'heure à une hauteur de 3 m, on consomme 45 kg de combustible, soit, à raison de 45 fr les 100 kg, une dépense horaire de 2 fr environ.

Pour obtenir le même résultat avec une pompe centrifuge actionnée par moteur électrique, il faut dépenser 95 kw-heure, soit à raison de 0 fr 10 le kw, une dépense horaire de 9 fr 50.

Telle qu'elle est, c'est-à-dire encore embryonnaire, la pompe Humphrey est fort intéressante; il est probable que dans l'avenir elle fera de rapides progrès.

J. IZART.

NOTES D'ÉLECTRICITÉ

Applications industrielles de la corrosion électrolytique. — Moteurs polyphasés à collecteur pour la régulation des moteurs triphasés. — Sur la construction des moteurs d'induction polyphasés.

Applications industrielles de la corrosion électrolytique. — Il y a quelques années, Barthel, à New-York, avait essayé d'aiguiser les outils de la façon suivante : l'outil, débarrassé de la graisse et de la rouille, était placé dans un mélange composé de 100 parties d'eau, 3 parties d'acide sulfurique à 66 % et 6 parties d'acide azotique à 40 %. Une électrode en charbon était également plongée dans le liquide; on obtenait ainsi un élément galvanique et il suffisait de réunir, par un circuit extérieur, cette électrode à l'outil pour obtenir un courant électrique. L'attaque des différentes parties de l'outil était différente selon leur distance à l'électrode de charbon ou selon leur position relative.

Mais le charbon était aussi attaqué, la solution devenait noire et l'outil était recouvert de boue, ce dernier devait donc être retiré de temps en temps, nettoyé et remis en place jusqu'à ce qu'il ait atteint la forme voulue. Il était alors lavé à l'eau, bro-sé, trempé dans de l'eau de chaux pour neutraliser les restes d'acide et séché avec de la sciure.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 11 (novembre 1910), p. 648.

L'intensité du courant dépendait de la surface, de la grandeur du nombre des outils ou des morceaux de charbon. On aurait pu essayer de la régler au moyen de résistances extérieures; mais, dans ce cas, la force électromotrice rapidement tombante se serait, au début, dissipée en pure perte dans ces résistances, ce qui n'était pas à recommander avec des éléments mettant en jeu une si faible quantité d'énergie. Ce procédé n'était pas employable dans les ateliers.

On obtient de meilleurs résultats en employant une source d'énergie extérieure. En ce cas, on peut prendre comme seconde électrode un corps quelconque inattaquable, sans être obligé de tenir compte de sa position dans l'échelle galvanique pour avoir une force électromotrice suffisante. Ainsi appliqué, le procédé est pratique et peut rendre service dans les ateliers. Grathwol, à Herisau, s'en est servi avec succès : la cathode était en plomb et l'électrolyte était de l'acide sulfurique de poids spécifique 1,18.

Comme la quantité de métal attaqué en un point déterminé dépend de la durée de l'attaque, on peut, dans le cas d'une densité uniforme du courant, obtenir une attaque variable sur un objet en le retirant progressivement de la solution acide traversée par le courant.

Hall et Thornton, à Birmingham, ont pu de cette façon appointer des barres et des tuyaux métalliques.

Il est possible, par ce procédé, d'appointer simultanément des

milliers d'aiguilles par exemple, et ceci avec le secours d'une simple auge, car l'action progressive peut être obtenue en réglant l'écoulement du liquide.

Au lieu de plonger l'objet dans le liquide, on peut se servir d'une cathode d'argile cuite imbibée d'électrolyte et appuyant sur le métal en des endroits déterminés qui sont ainsi profondément attaqués; ce procédé a été appliqué par l'Elektrogravüre G. m. b. H., de Leipzig.

Par un procédé analogue, *Burdett*, à Hartford, obtient l'inscription des dessins ou écriture sur les couteaux ou sur toute surface métallique. La surface à traiter est recouverte d'une légère couche d'un mélange ayant la composition suivante : 10 litres de naphte, 0,125 kg de sulfure de carbone, 2 kg de résine pulvérisée et 1,5 kg de chlorure de cuivre. On imprime sur la couche ainsi produite le dessin à produire au moyen d'un poinçon soigneusement lavé chaque fois avec une légère solution de potasse. On lave à l'eau, on imbibé d'une solution de sel marin, on recouvre avec une plaque métallique bien propre qui sera réunie au pôle négatif de la batterie, tandis que la pièce à attaquer sera réunie au pôle positif. Au bout de peu de temps, le dessin est profondément gravé et on lave la surface avec une solution de soude.

Moteurs polyphasés à collecteur pour la régulation des moteurs triphasés. — La régulation par résistances a l'inconvénient d'un mauvais rendement, surtout lorsque le domaine de la régulation est assez étendu. On ne peut d'ailleurs pas, de cette façon, obtenir à vide un nombre de tours déterminé.

Le montage en cascade de plusieurs moteurs d'induction et la permutation des connexions polaires ne permet que quelques degrés dans la régulation, et cette solution n'est plus applicable pour de grandes puissances et de faibles nombres de tours.

Le montage en cascade d'un moteur d'induction et d'un moteur polyphasé à collecteur permet d'améliorer la régulation et est employé

depuis quelques années par la firme Brown Boveri. Le moteur à collecteur possède un enroulement compensateur. L'excitation se fait en dérivation ou en série comme pour les machines à courant continu. Les forces électromotrices produites sont proportionnelles au champ et sont en concordance de phases. Dans le montage en cascade, le rotor du moteur d'induction doit opposer à la f. é. m. du moteur à collecteur une même tension de glissement, et une variation de la première entraîne une variation du nombre de tours du moteur d'induction. On peut donc régler le nombre de tours en faisant varier l'excitation.

Il est de plus, possible d'obtenir une compensation de phases. On peut varier les combinaisons des enroulements excitateurs et obtenir le déphasage que l'on veut entre le courant d'excitation et la tension de rotation, et ceci que l'excitation soit shunt, série ou compound.

Sur la construction des moteurs d'induction polyphasés. — Le rapport du diamètre du rotor à la longueur active du fer varie avec la puissance de la machine. *M. Hook* (1) a déterminé le rapport de la longueur utile du fer à l'arc polaire correspondant aux meilleures conditions de marche.

Le tableau suivant contient quelques résultats pour des volumes déterminés du rotor :

VOLUME DU ROTOR en cm ³	RAPPORT DE LA LONGUEUR UTILE DU FER A L'ARC POLAIRE POUR		
	un facteur de puissance maximum	un rendement maximum	des pertes minimum dans le cuivre
320	0,2 à 0,3	0,5 à 0,8	2 à 3
3 200	0,4 à 0,8	1 à 2	3 à 4
32 000	0,8 à 1,4	1 à 2	3 à 4
164 000	0,9 à 1,5	2 à 3	4 à 5
4 920 000	1,3 à 1,6	3 à 4	4 à 6

L. V. B.

NOTES DE MÉTALLURGIE

L'emploi le plus convenable des gaz de hauts fourneaux et de fours à coke dans les aciéries. — *M. Alexandre Gouvy* a présenté au récent Congrès de l'Industrie minière qui s'est tenu à Douai, une étude sur cette question.

Après avoir parlé de l'épuration des gaz à un premier degré pour les chaudières et à un deuxième pour les moteurs, il a examiné comment ces gaz pouvaient être employés dans chaque cas. De même en ce qui concerne les fours à coke, pour lesquels il s'est inspiré de chiffres provenant de la centrale « Heinitz » alimentée par des gaz de fours à coke; il s'est préoccupé d'ailleurs de l'emploi de ces gaz pour l'éclairage des villes.

Si l'on considère les hauts fourneaux français seuls, qui consomment en moyenne 4 millions de tonnes de coke par an, on a les quantités de gaz suivantes :

Consommation horaire de coke dans les hauts fourneaux de France	457 t
Quantité de gaz correspondante à raison de 4 500 m ³ par t	2 056 500 m ³
Dont 40 % de gaz purifié vont aux cowpers.	822 600 m ³
Il reste donc par heure pour d'autres usages.	1 233 900 m ³
Si l'on compte pour les pertes et les souffleries commandées par des moteurs à gaz, 10 % de cette quantité, on a	423 400 m ³
Il reste donc finalement pour d'autres moyens de production de la puissance.	810 500 m ³

qui, employés dans des moteurs à gaz, peuvent fournir 370 000 chevaux ou 250 000 kw. Si l'on compte qu'on peut employer cette puissance pendant 5 000 heures et sur un prix de 0 fr 04 par kw, les gaz des hauts fourneaux français ont donc une valeur annuelle de 50 millions.

Ceux de fours à coke ont leur bilan établi comme suit :

Consommation totale en coke des fourneaux de France.	4 000 000 t
Dont il faut déduire comme venant d'Allemagne.	1 700 000 t
Il reste pour la production du coke en France	2 300 000 t

ou comme consommation de charbon avec un rendement de 75 %. 3 070 000 t
qui, à raison de 280 m³ de gaz par tonne, donne par heure 98 000 m³
et si l'on admet que 50 % est utilisable. 49 000 m³

par heure. Si l'on compte qu'il faut 2 800 calories par cheval-heure effectif, cela correspond à 78 750 chevaux ou à 53 550 kw au tableau de la centrale électrique; et pendant 5 000 heures à 0 fr 04 le kilowatt, on a une valeur annuelle de 10 710 000 fr.

La valeur totale des gaz de hauts fourneaux et de fours à coke de France est donc :

Pour les gaz utilisables des fourneaux.	50 000 000 fr
— des fours à coke.	10 710 000 »
Pour les sous-produits des fours à coke environ	3 070 000 »
Ensemble par an.	63 780 000 fr

M. Gouvy a montré, dans le très intéressant tableau I (p. 584), comment il avait pu établir les chiffres précédents. Ce tableau a été dressé en se basant sur l'exploitation d'une usine qui a deux fourneaux de 200 t par jour, deux batteries de fours à coke ordinaires travaillant avec 266 tonnes de coke par jour, possédant une aciérie Thomas avec un blooming de 5 000 chevaux, un train à blooms de 3 000 chevaux, les deux réversibles et avec condensation centrale; une centrale à vapeur pour l'électricité produisant 1 400 chevaux, etc.

Si l'on part de la situation initiale de cette usine qui, achetant son charbon à 16 fr la tonne, dépense annuellement 534 800 fr (combinaison I), on voit que, par l'épuration du gaz de fourneaux pour les chaudières et les cowpers, on réduit cette dépense à 304 000 fr (combinaison II). Si les deux machines des trains réversibles sont compoundées, on descend à 129 200 fr (combinaison III).

Si on laisse ces machines dans leur état initial, et si l'on équipe les souffleries des fourneaux avec un moteur à gaz en même temps qu'on place un moteur à gaz dans la centrale électrique, on dépense annuellement tout au plus 52 150 fr (combinaison IV). Avec les moteurs à gaz et le compoundage du petit train de 3 000 chevaux, on trouve que

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 14.IX.11.

TABLEAU I. — COMPARAISON DES DIVERSES COMBINAISONS POUR L'EMPLOI LE PLUS CONVENABLE DES GAZ DE FOURNEAUX ET DE FOURS A COKE D'UNE ACIERIE QUI POSSÈDE 2 A 3 FOURNEAUX PRODUISANT CHACUN 200 TONNES PAR JOUR.

	CAS DE DEUX FOURNEAUX = 400 TONNES DE COKE PAR 24 HEURES					CAS DE TROIS FOURNEAUX = 600 TONNES PAR 24 HEURES	
	I Machines à vapeur sans épuration des gaz	II Machines à vapeur avec épuration des gaz	III Compoun- dage des trains avec épuration des gaz	IV Soufflantes à gaz et moteurs à gaz pour la centrale électrique	V Moteurs à gaz et compoun- dage d'un train	VI Moteurs à gaz sans compoundage des trains	VII Meilleure utilisation avec moteurs à gaz, etc.
Quantité totale des gaz des hauts fourneaux.	m ³ /heure 75 000	m ³ /heure 75 000	m ³ /heure 75 000	m ³ /heure 75 000	m ³ /heure 75 000	m ³ /heure 113 000	m ³ /heure 113 000
Consommation de gaz des cowpers.	37 500	30 000	30 000	30 000	30 000	45 200	45 200
Reste pour les chaudières ou la puissance motrice	37 500	45 000	45 000	45 000	45 000	67 800	67 800
Consommation de gaz de fourneaux.							
Pour les soufflantes des fourneaux	"	"	"	4 200	4 200	6 300	6 300
Pour les soufflantes de l'aciérie	"	"	"	"	"	"	5 400
Pour les moteurs de la centrale électrique	"	"	"	3 900	3 900	12 000	15 000
Ensemble	"	"	"	8 100	8 100	18 300	26 700
Quantité de gaz disponible	37 500	45 000	45 000	36 900	36 900	49 500	41 100
Consommation de vapeur.	kg/heure	kg/heure	kg/heure	kg/heure	kg/heure	kg/heure	kg/heure
Pour les soufflantes des fourneaux	16 800	16 800	16 800	"	"	"	"
Pour les soufflantes de l'aciérie	12 000	12 000	12 000	12 000	12 000	18 000	"
Pour les 3 000 chevaux du train réversible	12 000	12 000	6 850	12 000	6 850	18 000	10 050
Pour les 5 000 chevaux du train à rails	21 000	21 000	11 950	21 000	21 000	21 000	11 950
Pour la centrale électrique	10 400	10 400	10 400	"	"	"	"
Pour les pompes, grues, pertes	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	"
Consommation de vapeur totale	82 200	82 200	68 000	55 000	49 850	67 000	22 200
Avec les gaz de fourneaux on produit en vapeur	18 750	37 500	37 500	30 750	30 750	41 250	2 000
Il reste encore à produire	63 450	44 700	30 500	24 250	10 100	25 750	20 000
Vapeur produite par les gaz de fours à coke	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000
Il reste à produire par le charbon	43 450	24 700	10 500	4 250	(+ 900)	5 750	"
Pour cela on consomme par heure	6 685	3 800	1 615	654		"	"
La dépense annuelle de charbon à 16 francs la tonne est de	fr 534 800	fr 304 000	fr 129 200	fr 52 120	L'usine travaille sans achat de charbon.		
					Cette vapeur peut être produite par la combustion des gaz du 3 ^e groupe de fours à coke, c'est-à-dire sans charbon.		
					Il reste disponible 38 700 m ³ de gaz de fourneaux, correspondant à 12 900 chevaux et 1 380 m ³ de gaz de fours à coke, correspondant à 1 971 chevaux.		

l'usine peut travailler sans consommer un morceau de charbon dans ses chaudières (combinaison V).

Si l'on installait un troisième haut fourneau, une troisième batterie de fours à coke et d'autres trains pour profilés, tôles, etc., de façon à élever la puissance de la centrale à 4 000 chevaux au moyen des moteurs à gaz, on pourrait alors adopter la combinaison VI et se passer de charbon pour les chaudières. Si l'on veut tirer le meilleur parti de la puissance, on peut adopter la combinaison VII, qui comporte l'emploi de moteurs à gaz pour les soufflantes des fourneaux et

de l'aciérie Thomas, ainsi que des moteurs électriques pour les nouveaux laminiers et pour toutes les petites machines de l'usine. Cela nécessite une centrale de 5 000 chevaux. Il resterait disponible par heure une quantité de gaz de fourneaux de 38 700 m³, correspondant à 12 700 chevaux et 1 380 m³ de gaz de fours à coke de la nouvelle batterie munie de régénérateurs; et ces derniers gaz peuvent chauffer les fours à réchauffer et un four Martin de 20 t. Ils peuvent, d'ailleurs, après épuration, produire une puissance de 1 971 chevaux.

P. BREUIL.

NOTES DE CHIMIE

Désincrustation des chaudières au moyen de l'aluminium. — Un étalon de longueur en silice. — Le labourage à la dynamite — Conséquences de l'usage des mortiers mal composés. — La fabrication du celluloid au Japon.

Désincrustation des chaudières au moyen de l'aluminium. — Tous ceux qui ont des chaudières, c'est-à-dire presque tous les industriels,

connaissent les dépenses et les dangers causés par les incrustations. Rappelons qu'une épaisseur d'incrustation de 3 mm augmente la dépense de charbon de 20 %; 6 mm l'augmenteront de 40 %, et 9 mm de 50 %.

Pour empêcher les incrustations, on a eu recours jusqu'ici à deux méthodes qui emploient toutes deux des réactifs chimiques en proportions plus ou moins fortes selon la proportion de matières solides

dissoutes dans les eaux d'alimentation. Dans l'une, on ajoute les réactifs qui précipitent les matières solides et on sépare le précipité avant que l'eau soit introduite dans la chaudière, c'est l'épuration. Dans l'autre, on ajoute des réactifs chimiques qui dans la chaudière doivent empêcher que les sels dissous dans l'eau se déposent sous forme de croûtes; le dépôt reste sous forme pulvérulente, c'est la désincrustation.

Brande (*Journal of the Society of chemical industry*) préconise tout simplement un canal recouvert de tôle d'aluminium ondulée; les ondulations et les dimensions de la tôle dépendent de la quantité d'eau à traiter et de la quantité de matières dissoutes. L'eau coule sur ces tôles d'aluminium, et on l'envoie dans la chaudière. Les tôles doivent être brossées de temps en temps, et il faut qu'elles soient exposées à la lumière; dans l'obscurité, elles perdent toute efficacité.

L'effet surprenant produit par ces plaques serait dû à des courants électriques induits par le mouvement de l'eau sur les plaques métalliques. Sous l'action de la lumière et de ces courants, des quantités infinitésimales d'aluminium métallique ou d'alumine entreraient en solution sous l'état colloïdal. L'aluminium colloïdal formerait des centres de décomposition du bicarbonate de chaux, qui se décomposerait ainsi au sein même du liquide au lieu de se décomposer au contact de la paroi de la chaudière, et en même temps l'aluminium s'oxyderait aux dépens de l'oxygène de l'eau, ce qui empêcherait la corrosion des tôles de chaudières. De cette façon, les sels seraient précipités sous forme de boues qu'il faut évacuer en faisant des extractions fréquentes. L'aluminium colloïdal aurait aussi pour effet d'empêcher le primage, au contraire de beaucoup de désincrustants.

Un étalon de longueur en silice. — M. G. W. C. Kaye, du « National physical laboratory de Londres », a donné sur les étalons de longueur, à la Royal Society de Londres (voir *Proceedings*, n° A, 580, du 15 août 1911, pp. 430-447) une communication sur l'établissement d'un étalon en silice.

Les conditions premières auxquelles doit répondre une matière choisie pour cet établissement sont : la constance et la dureté, un coefficient de dilatation nul et la possibilité de prendre un beau poli, avec des propriétés marquées de dureté, d'élasticité, de résistance à l'oxydation.

Les matières dont on s'est servi jusqu'ici sont :

	DENSITÉ	COEFFICIENT de dilatation linéaire	
Le bronze de Barley, à 32 Cu, 5 Sn, 2 Zn.	8,7	$17,7 \times 10^{-6}$	Yard étalon anglais, 1843.
Le platine	21,5	8,9	Mètre des archives, Borda 1795.
Le platine iridié à 9 Pt, 1 Ir.	21,6	8,7	Prototype interna- tional, 1887.
Le métal.	8,9	12,8	
L'acier.	7,8	11	
L'acier nickel, à 43 %, de Ni	8,2	8	Etalon au Japon et en Russie.

Le nickel est probablement le métal qui présente à l'état pur la plus grande convenance à servir de matière première pour étalons de longueurs. Un étalon en nickel, de section I. établi au « National physical laboratory de Londres », n'a montré en cinq ans qu'une variation de longueur de $1/10\,000\,000$, ce qui est une stabilité remarquable.

L'invar de M. Guillaume à 36 % de nickel présente une grande résistance à la rouille, et un faible coefficient de dilatation, mais il manque de constance, car celui-ci va de 0,3 à $2,5 \times 10^{-6}$. Il tend à s'allonger avec le temps.

Le « National physical laboratory » a déterminé les coefficients de dilatation des aciers au nickel :

Ni.	0	10	20	30	36	40	50	80	100
$\times 10^{-6}$	11	13	19,5	12	0,9	6	9,7	12,5	12,8

La silice a un coefficient de dilatation extrêmement petit; $0,4 \times 10^{-6}$ à la température ordinaire; il s'accroît proportionnellement à la température entre 0° et 1000°, et la courbe figurative est

une ligne droite; la courbe présente un maximum à 1200°. L'équation de cette ligne droite entre 0° et 50° est $\alpha' = (0,39 + 0,0012) 10^{-6}$. La silice fondue convient donc bien, par ce faible coefficient de dilatation, pour matières d'étalonnage; elle convient aussi, par analogie avec le verre, pour la faiblesse de son hystérésis thermique; cette hystérésis est petite et négative aux hautes températures; elle est trop petite pour être mesurée aux températures modérées. La silice n'est pas affectée par l'oxydation. La solubilité est environ de $1/100\,000$.

L'objection à l'adoption de la silice est la difficulté de voir les lignes de la règle lorsque la barre est plongée dans l'eau, parce que les indices de réfraction de la silice et de l'eau sont très voisins. On y remédie en recouvrant la silice d'un film de platine.

En définitive, conclut le Dr G. W. C. Kaye, les propriétés générales de la silice fondue, en particulier son coefficient de dilatation faible, donnent à cette matière une convenance spéciale pour la construction d'étalons de longueur permanents de haute valeur. Le coefficient de dilatation du platine-iridium, qui a été jusqu'ici la matière première presque exclusivement employée, est environ de 9×10^{-6} par degré, tandis que celui de la silice est environ de 0,4, soit le vingtième. Il est vrai que la meilleure sorte d'invar, l'acier-nickel de M. Guillaume à 36 % de Ni, a un coefficient encore plus faible; mais tandis que l'invar est très utile pour des étalons de travail, il ne convient pas pour établir des étalons primaires, à cause de sa forte hystérésis thermique. Au contraire, la silice fondue est libre de ce défaut; elle coûte beaucoup moins cher que le platine-iridium; sa fragilité relative est peu à considérer, puisque les étalons primaires ne sont maniés que par des observateurs habiles et entraînés.

Le labourage à la dynamite. — Ce labourage, ou plutôt le défonçage des sous-sols aux explosifs, n'est pas une plaisanterie. M. F.-H. Gunsolus en donne un exposé (numéro de juillet-août du Franklin Institute). On sait que les explosifs ont trouvé déjà un emploi étendu pour défricher les terrains et les débarrasser des souches et des racines, principalement dans les terrains de fermes et de vergers, dans certaines parties du Nord-Ouest Pacifique; les fermiers font dans ce but une grande consommation d'explosifs.

Mais un emploi tout nouveau en agriculture, emploi qui a produit des résultats remarquables, c'est celui des explosifs pour défoncer le sous-sol et obtenir ainsi une augmentation de la teneur en humidité et un accroissement de la force végétative à la surface. La démarcation entre la saison sèche et la saison humide devenant, dans ces régions, de plus en plus tranchée, il a fallu recourir à des moyens artificiels pour répartir plus uniformément l'humidité nécessaire à la végétation.

Le premier dispositif qui fut employé, fut de recourir au drainage et à l'irrigation; il semble logique et efficace, puisqu'il prend l'excès d'eau de la saison humide pour rendre cet excès au cours de la saison sèche. Mais ce plan a ses inconvénients; le principal est une dépense trop forte pour des entreprises privées; un autre inconvénient est la formation d'un terrain trop basique, lorsqu'une irrigation prononcée est effectuée pendant plusieurs années.

Ces inconvénients ont amené à chercher à approfondir le sol arable, de façon à conserver l'excès d'eau de la saison humide. La méthode, par elle-même, a un avantage très grand, celui d'ameublir le sol, de faciliter le développement des racines et de fournir ainsi aux plantes le moyen de tirer du sol une quantité nouvelle d'aliments. Il semblerait *a priori* qu'un labourage plus profond répondrait aux besoins; plusieurs autorités en questions agricoles l'ont préconisé. Mais en un grand nombre de localités, le sous-sol ne fournit rien à la nourriture de la plante, s'il n'a pas été exposé à l'air, à la lumière et à la pluie pendant un an ou deux. Sans doute, on pourrait faire mordre à la charrue chaque année une petite portion du sous-sol non encore atteint, mais on ne peut dépasser 2,5 à 3 cm à chaque fois, si on ne veut pas altérer les propriétés du sol arable; ce n'est pas assez et c'est trop long.

L'idée d'obtenir le résultat cherché par l'emploi des explosifs semble avoir été mise en pratique d'abord dans le Kansas, où, en plusieurs localités, un sol compact et dur empêchait d'obtenir des récoltes satisfaisantes. Le gouverneur de l'Etat, Samuel J. Crawford, se fit le promoteur de cette méthode, et ce fut son enthousiasme qui amena l'un des gros fabricants de dynamite à étudier la question, il y a un an, et à faire des essais qui durèrent huit mois et montrèrent la possibilité de mise en pratique et la grande valeur de cette méthode.

L'objet que l'on se propose est de foudroyer le sous-sol; c'est de briser et d'émietter un cube maximum, avec la moindre dépense e

sans mêler le sous-sol à la terre de la surface. On y arrive en variant la puissance de l'explosif, le poids de la charge, l'espacement et la profondeur des trous de mines, selon la nature du terrain.

Selon qu'on espace les trous de 4^m,5 à 7 m et que la profondeur du trou atteint 75 cm à 1^m,50, on y place dans chacun 125 à 250 gr de dynamite lente à 15 ou 25 %, en terrain compact. On essaiera d'abord sur quelques trous à divers espacements et à diverses profondeurs, avec des charges variées, et on se tiendra à ceux qui donnent trace de fissures entre les trous.

On fera les trous soit à la barre pointue et au marteau, soit à la tarière avec levier. La vulgarisation de la méthode entraînera certainement l'emploi de vrilles mues mécaniquement; on emploie déjà dans ce but des moteurs à la gazoline. Pour que la dynamite produise tout son effet utile dans le sous-sol, on remplit les trous, au-dessus de la charge, avec de la terre humide qu'on tasse fortement. Généralement, on allume les mines au moyen de fusées qui dépassent la terre de 10 à 15 cm, et qu'on peut allumer l'une après l'autre avec des allumettes ou une petite torche; l'allumage électrique est plus simple, mais un peu plus coûteux.

Le coût de ce foudroyage, en tenant compte de tous les frais, varie entre 12 et 20 dollars l'acre (soit 150 et 260 fr l'hectare); il est fréquemment payé par l'augmentation de la première récolte, mais l'effet utile persiste longtemps.

Le foudroyage du sous-sol n'est pas seulement excellent pour la culture du coton, des céréales, des végétaux, mais aussi dans l'exploitation des vergers. Il aide à planter les nouveaux arbres, il leur ménage une chambre de végétation humide où les racines se développent plus aisément; dans les vieux vergers, il ranime la végétation. Les trous placés entre les arbres doivent avoir au moins 1^m,20 de profondeur, avec 125 gr de dynamite à 25 %. Si les arbres sont placés en carrés à 4^m,5 à 6 m d'espacement, les trous seront placés dans les seules lignes d'intervalles en diagonale avec les arbres, en sorte qu'il y aura autant de trous de mine que d'arbres; si l'espacement des arbres est de 7^m,5 à 9 m, les trous seront placés dans chaque espace entre deux arbres, en sorte qu'il y aura deux trous pour chaque arbre. Enfin, si l'espacement des arbres dépasse 7^m,5, il y aura autour de chaque arbre, 3 m à 4^m,5 du tronc, trois trous équidistants.

On fait aussi un grand usage des explosifs pour creuser les fossés. Dans ce cas, les trous sont creusés avec des barres non pointues, à 60 cm d'espacement le long de la ligne de direction, et à une profondeur telle qu'ils restent à 15 ou 20 cm du fond du fossé. Ces trous sont disposés sous une inclinaison de 25° à 45° avec la perpendiculaire, du côté où l'on veut que la terre soit rejetée. On met dans chaque trou une cartouche (1 1/4 × 8 pouces) de dynamite à 50 %, sauf dans le trou du milieu qui reçoit trois cartouches et sa fusée d'allumage. Si la terre est suffisamment humide pour recouvrir la charge lorsqu'elle est mise au fond du trou, on n'a pas besoin de tamponner. Le fossé est très régulier, 90 cm à sa base, 1^m,50 au sommet, 0^m,90 à 1^m,50 de profondeur. Les cartouches ne doivent pas rester sous l'eau plus d'une heure, pourvu que la température soit au-dessus de 10°. Avec deux ou trois rangées parallèles de cartouches, on peut creuser des fossés de 10 à 15 pieds de large au sommet et 5 pieds de profondeur, soit de 3 m. à 4^m,5 de large et 1^m,5 de profondeur.

Le travail revient de 8 à 10 cents par yard cube, soit de 50 à 60 centimes par mètre cube. Il est donc économique et rapide; trois hommes peuvent creuser 1 000 pieds (304 m) par jour. C'est le meilleur procédé pour creuser dans les sols marécageux, où il y a des troncs, des souches.

L'établissement des fossés par foudroyage a comme autres avantages que la terre n'est pas amoncelée sur les côtés où elle empêche le drainage, mais elle est répandue sur tout le sol avoisinant jusqu'à une certaine distance. Le foudroyage ouvre aussi et fissure la terre des deux côtés, et établit un véritable drainage du sous-sol vers le fossé.

Au début, le fossé est un peu irrégulier, mais dès qu'il a reçu de l'eau, il s'égale.

Si les étangs et les marais sont placés de telle sorte qu'il serait trop dispendieux de les dessécher par des rigoles d'écoulement, on arrive au résultat en produisant des ouvertures à travers le sous-sol imperméable qui leur sert d'assise. On creuse alors les trous jusqu'à 30 pieds (9^m,120) ou plus, en ajustant la tarière à des tuyaux de gaz. Il faut placer l'explosif à 1 pied (0^m,304) au-dessus de la couche

d'argile, car s'il est placé dans la couche inférieure plus meuble, il dépense sa force à produire une cavité au lieu de briser l'argile supérieure. S'il y a du rocher en dessous de l'argile, il faut porter l'explosif jusque sur le rocher, en sorte que l'explosion brise l'argile, ouvre des fissures entre elle et le rocher, et puisse même fendre l'argile. Comme on travaille en humide, on emploiera de la dynamite gélatine à 40 %. Les trous de 1^m,80, 3 m, 6 m, demandent respectivement 5, 10 ou 15 cartouches. Il arrive quelquefois que deux trous, convenablement disposés, suffisent à drainer l'étang ou le marais. L'allumage se fait toujours électriquement, mais il est inutile de tamponner, car l'eau suffit.

Si la profondeur de l'eau dépasse 30 cm, on est obligé de faire le travail à l'aide d'un radeau. On met les cartouches à l'aide d'un bâton.

Égaliser les routes, creuser des caves, des tranchées, des fondations, des conduites, creuser les trous pour poteaux, palissades, les puits, etc., tel est encore le travail que les agriculteurs américains font faire aux explosifs.

Conséquences de l'usage des mortiers mal composés. — M. J. Van der Kloes, professeur à l'Université de Delft, dans le numéro de juillet de la « Revue des Matériaux de construction », rapporte qu'au Congrès de Copenhague, en septembre 1909, il a cité des faits de perméabilité de certains grands barrages bâtis en Allemagne dans les vingt dernières années.

Au barrage de la Neye, le béton pour l'égalisation des cavités dans le sol rocheux a été composé par 8 parties de gravier et 5 parties de mortier. Celui-ci se composait d'une partie de mortier-ciment de 1 : 2 et d'une partie de mortier-trass de 1 pâte de chaux, 1 1/2 trass, 1 3/4 sable. Pour les couches extérieures de la maçonnerie, le même mortier a été employé, mais pour l'intérieur le mortier-trass 1 : 1 1/2 : 1 3/4.

Dans ce mortier-ci il y a, suivant M. van der Kloes, deux fois trop de chaux; à ce mortier beaucoup trop riche de chaux, on a ajouté partiellement encore un mélange de ciment et de sable, lequel mélange a lui-même la propriété de se contracter à l'air et de se détacher de la pierre.

A peu près dans tous les barrages exécutés par feu le professeur Inze, d'Aix-la-Chapelle, et décrits par M. Rorhardt, se retrouve la proportion de 1 : 1 1/2, entre la pâte de chaux et le trass; pour la plupart avec 1 3/4, quelquefois avec 1 1/2, et au barrage de l'Eschbach près de Remscheid même avec 1 partie de sable.

A quelques autres barrages on trouve mentionnés du mortier, chaux-ciments, dans les proportions : 1 ciment, 4 chaux hydraulique, 10 sable; 1 ciment, 1 chaux, 5 sable; encore 1 ciment, 0,2 chaux, 3 sable; et 125 ciment, 66 chaux, 100 trass, 510 sable (les dernières vraisemblablement pour portées de ponts); mais aucun de ces mortiers ne s'accorde avec les prescriptions.

Personne n'a pensé alors que peut-être une meilleure proportion que 1 : 1 1/2 entre la pâte de chaux et le trass, c'est-à-dire 2 : 1 1/2 en poudre de chaux et trass, serait préférable. Ceci devait être réservé à M. van der Kloes.

Aussi, en déterminant la teneur de sable, on n'a toujours eu en vue que la résistance, sans penser que les moellons irréguliers et les jointures épaisses qui en sont la conséquence exigent une teneur de sable beaucoup plus grande que 1 volume sur 1 pâte de chaux et 1 1/2 trass, et que cette proportion-ci doit causer des crevasses de retrait.

F. Kulm (die Thalspeire der Gileppe bei Verviers, Civil Ingénieur 1879, Heft 1) fait part que le mortier du barrage consiste en 5 chaux de Tournai, 1 trass, 4 sable, donc pas moins de 4 à 5 fois trop de chaux.

Tant que la façon fautive de travailler se rapporte à des fortresses, des églises, des belvédères, etc., c'est peu grave. Mais quand on réfléchit que certains barrages doivent résister à la pression d'eau, durer, non seulement de longues années, mais des siècles, et plus si possible, la question est plus sérieuse.

En vérité, pour avoir un travail irréprochable en béton-ciment, il est nécessaire de combiner le surplus de chaux qui se trouve dans le ciment Portland par l'addition de trass ou d'une autre gangue hydraulique au béton, ou encore mieux de mouler d'abord le ciment avec de la poudre de pierre.

La fabrication des celluloides au Japon. — C'est en 1908, d'après le « Board of Trade Journal », que deux compagnies se sont fondées pour construire des fabriques de celluloid au Japon. Leur

capacité de production journalière est de 1 t et 3 t de cellulose; la fabrication vient seulement de commencer. Le cellulose demande pour sa fabrication : du papier de belle qualité, de l'acide nitrique, de l'acide sulfurique, du camphre et de l'alcool rectifié. Or, le camphre n'est produit qu'à Formose, dans le Sud-Japon, la Chine méridionale et les Indes hollandaises; les trois quarts de sa production mondiale proviennent de l'empire japonais. Les deux compagnies susdites ont obtenu de faire leurs acquisitions de camphre à un prix un peu inférieur à celui fixé par le monopole du gouvernement japonais.

Quant au papier destiné à la préparation des nitrocelluloses, les Japonais ne sont pas encore à le fabriquer avec du coton au degré de perfection que cette industrie réclame. Mais une grande fabrique d'Osaka fait des essais dans cette direction.

L'acide nitrique dont on se sert doit avoir au moins 95 %, et le meilleur acide fabriqué au Japon ne dépassant pas 93 %, les deux

compagnies font des efforts pour l'améliorer. Quant à l'acide sulfurique et à l'alcool, le Japon les produit.

Aujourd'hui, l'on compte 14 fabriques de cellulose en activité : 2 aux États-Unis, 7 en Allemagne, 3 en Grande-Bretagne, 2 en France⁽¹⁾. Les importations de cellulose au Japon ont été en 1910 de 270 t, dont 70 ont été réexportées, sous forme de marchandises ouvrées, en Chine, etc.; en conséquence, la consommation du Japon est de 200 t. Or, les deux nouvelles fabriques peuvent produire 1 000 t. Le marché de la Chine est très limité, puisque ses importations en cellulose brut ne dépassent pas 40 t, et en cellulose fabriqué 60 t, dont la moitié vient d'Allemagne.

Le marché des Indes est aussi fort restreint. C'est vers les États-Unis que le Japon se tourne.

Le prix du cellulose importé au Japon ressort à 2 sh 5 d par livre avdp.; les fabriques japonaises prétendent l'obtenir à 1 sh 10 p.

J. GARÇON.

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AÉRONAUTIQUE

Sur un projet de carte internationale et de repères aéronautiques. — Une carte aéronautique ne doit figurer que les détails caractéristiques du terrain et les constructions susceptibles d'attirer de loin l'attention du pilote par leur forme, leurs dimensions, leur couleur et leur situation; elle doit aussi indiquer tous les objets susceptibles de gêner l'atterrissage et ce qui peut servir de refuge ou fournir des secours. L'échelle de $\frac{1}{200\,000}$ paraît la plus convenable.

D'après le projet élaboré, la future carte aéronautique sera en quelque sorte « la monnaie » de la carte internationale du monde au millionième pour laquelle : le mètre est pris comme unité de longueur, le méridien de Greenwich comme origine des longitudes et l'équateur comme origine des latitudes. A partir de l'anti-méridien de Greenwich, 60 fuseaux de 6° chacun sont numérotés de 1 à 60 de l'Ouest à l'Est, tandis que, de part et d'autre de l'équateur, 22 zones de 4° de hauteur sont désignées par les vingt-deux premières lettres de l'alphabet (les calottes polaires portent la lettre Z). Chaque feuille est spécifiée par la lettre de la zone et le numéro du fuseau à la croisée desquels on la trouve.

En conséquence, la carte aéronautique sera coupée suivant les méridiens et les parallèles. Seulement, pour éviter la distinction des longitudes Est et Ouest et des latitudes Nord et Sud, les longitudes seront chiffrées de 0° à 360° de l'Ouest à l'Est (à partir de l'anti-méridien de Greenwich) et les latitudes seront comptées de 0° à 180° à partir du pôle Sud. Ceci, concurremment avec les notations de la carte du monde. Chacune des feuilles de la carte aéronautique sera désignée, d'abord par le nom de la ville la plus importante située à l'intérieur et ensuite par les coordonnées de son angle inférieur gauche. Cette carte, comme celle du monde, sera construite dans le système polyconique. Chaque feuille (56 cm × de 34 cm à 41 cm) figurera une étendue de 1° en longitude et en latitude (c'est-à-dire 111 km dans le sens de la hauteur) et de 68 km à 82 km dans le sens de la largeur. Les feuilles seront coupées en deux; les deux parties seront collées sur les faces d'un même carton rigide et porteront un numéro bien apparent. Une carte provisoire sera dressée d'après ces principes et sera soumise, avant adoption définitive, à l'appréciation des aviateurs.

En ce qui concerne les repères aéronautiques sur le sol, le type choisi consiste en un rectangle reproduisant le cadre amplifié de la demi-feuille de la carte aéronautique où figure l'emplacement du repère. Dans ce rectangle, orienté sur le sol de façon que ses petits côtés donnent la direction Nord-Sud, un gros point noir marque la position du site relativement aux bords de la feuille. Contre chacun des bords Ouest et Est, la tête tournée vers le Nord, est un gros chiffre. Celui du bord Ouest donne les unités de degrés de la latitude du repère; celui du bord Est donne le chiffre relatif à la longitude. L'ensemble des deux chiffres forme un nombre facile à retenir qui constitue le numéro de la feuille correspondante de la carte aéronautique.

(Note de M. Ch. Lallemant à l'Ac. des Sciences, 29 mai 1911).

AGRONOMIE

Considérations sur l'utilisation agricole des eaux d'égout. — En déversant les liquides souillés sur la terre, on les épure par une oxydation produite sous l'influence de microorganismes, en même temps qu'on opère un arrosage et une fumure qui augmentent les récoltes.

Une moyenne de huit mois d'observations continues sur l'eau d'égout de Paris, a permis de déterminer l'apport des principes fertilisants. D'autres séries de recherches ont aussi permis de fixer la quantité d'eau qui convient, pour l'arrosage proprement dit, aux divers sols et aux diverses cultures. Elles sont, en général, comprises entre 3 000 m³ et 12 000 m³.

La conclusion de ces études est que si les eaux des égouts de Paris étaient transportées jusqu'à des territoires agricoles de grandes surfaces, elles pourraient servir à fertiliser des étendues dix à quinze fois supérieures à celles sur lesquelles on les déverse actuellement.

(Note de MM. A. Müntz et E. Lainé à l'Ac. des Sciences, 26 juin 1911.)

CHIMIE

Sur la décomposition de l'eau par les métaux. — M. Traube a indiqué, en 1882, que lorsqu'on secoue la poudre de zinc, avec de l'eau en présence de l'air, en plus de l'hydrogène qui se dégage, il se forme un peu d'eau oxygénée. L'expérience répétée vient de montrer :

1° Que l'observation de M. Traube, d'après laquelle l'eau oxygénée ne se forme pas en l'absence d'oxygène libre, est confirmée;

2° Que l'affirmation suivant laquelle l'hydrogène ne se produit pas dans les mêmes conditions est en contradiction avec les nouveaux résultats.

Au contraire, l'hydrogène se dégage toujours, mais si l'on n'a pas exclu soigneusement les traces d'air, l'hydrogène naissant se combine à l'oxygène libre pour donner de l'eau oxygénée qui attaque à son tour le zinc.

L'ionisation doit avoir lieu suivant la formule $H_2O = H + OH$. La décomposition de l'eau à chaud confirme cette hypothèse; l'ionisation serait alors produite par les électrons négatifs qu'émettrait le corps incandescent. On peut considérer, d'autre part, la dissociation de l'eau par le courant électrique comme provenant d'une ionisation déterminée par les électrons émis par la cathode; la décomposition de l'eau par les rayons β prouve d'ailleurs que les liquides sont ionisés par les électrons, soit par choc, soit par communication de la charge.

(Note de M. Miroslav Kernbaum, présentée par M. A. Haller à l'Ac. des Sciences, 12 juin 1911.)

(1) Ces évaluations du Board of trade de Londres nous semblent inférieures à la réalité, car en 1910 il y avait en France 8 fabriques principales produisant 6 000 t.

Action de l'effluve sur le gaz ammoniac sec et humide. — L'effluve agissant sur des composés hydrogénés tend à produire des condensations ou des décompositions avec mise en liberté d'hydrogène. Le gaz ammoniac tend en particulier à se décomposer en azote et en hydrogène. Des expériences nouvelles ont conduit à admettre la formation d'une minime quantité d'hydrogène dans l'action de l'effluve sur le gaz ammoniac sec dilué dans de l'hydrogène. En présence de vapeur d'eau, le gaz ammoniac soumis à l'effluve produit de l'hydroxylamine. La formation de ce corps ne s'observe pas dans l'action de l'effluve sur un mélange d'oxygène et de gaz ammoniac en excès.

(Note de M. A. Besson, présentée par M. Troost, à l'Ac. des Sciences, 26 juin 1911.)

Sur une méthode de mesure du degré de viciation d'une atmosphère confinée. — C'est d'après le taux d'acide carbonique qu'on évalue approximativement la pollution de l'air. Ce procédé manque de précision, car la teneur en acide carbonique, à cause du phénomène de condensation qui limite la pollution, indique plutôt le degré de ventilation que celui de viciation de l'air. L'air pur étant toujours oxydant, les produits d'excrétion (fermentations, expirations pulmonaires, etc.) sont tous réducteurs, et la mesure des propriétés réductrices de l'air doit fournir des nombres proportionnels à la viciation. D'autre part, les substances étrangères à l'air étant presque toujours d'origine organique sont condensables par la vapeur d'eau.

Partant de cette considération, la nouvelle méthode consiste : 1° à recueillir par condensation un certain volume de vapeur d'eau dans l'atmosphère étudiée; 2° à mesurer le volume correspondant; 3° à doser dans l'eau recueillie les matières réductrices.

Voici quelques nombres obtenus par cette méthode :

Air atmosphérique (Parc Montsouris)	1
— (Quartier Hôtel-de-Ville)	10
Salles où vivent des animaux (lapin, singe, etc.)	13
Imprimerie	13
Bureau mal ventilé	14
Couloir obscur mal ventilé	17
Atelier de couture	21

(Note de MM. H. Henriot et M. Bouysy, présentée par M. A. Haller à l'Ac. des Sciences, 1^{er} mai 1911.)

ÉLECTRICITÉ

Problèmes à étudier en électrotechnique. — Sous ce titre, M. Steinmetz signale une série de problèmes qui demanderaient à être étudiés en électrotechnique. Il fait notamment remarquer que le courant de retour des véhicules, sur une ligne de traction électrique, allant dans les deux sens, dans les rails, doit se renverser rapidement sous les roues; ce renversement empêche évidemment que le courant s'établisse sur toute la section et, pour des véhicules à grande vitesse, le passage du courant des roues dans les rails doit, en conséquence, rencontrer une grande résistance.

(Communication de M. C.-P. Steinmetz, Franklin Institution, mai 1911.)

L'emploi des bobines de self pour protéger les installations à turbo-générateur. — L'un des problèmes les plus importants pour les grandes usines génératrices est de maintenir d'une façon parfaite la continuité du service; ce problème est rendu extrêmement complexe aujourd'hui, par suite de l'emploi de turbo-générateurs de grande puissance et à grande vitesse, fonctionnant sur des lignes de plusieurs centaines de kilomètres de longueur.

La plupart des grandes Compagnies se trouvent obligées de rechercher le moyen de limiter la puissance qui peut se dériver, en cas de dérangement, vers le défaut. La solution paraît être l'emploi de bobines de self; les auteurs ont fait des essais sur ce procédé; ils en concluent que la méthode est efficace; les courants de court-circuit ne sont pas d'ailleurs absolument aussi intenses qu'on l'a cru. Néanmoins, il est bon de les réduire en employant des générateurs ayant une self suffisante. Les bobines de self interviennent alors très utilement pour restreindre les courants que doivent couper les interrupteurs.

(Communication de MM. R. F. Schuckardt et E. O. Schweitzer, American Institute of Electrical Engineers, juillet 1911.)

Les régulateurs automatiques de tension. — Après avoir retracé l'histoire des régulateurs automatiques de tension employés pour protéger les installations d'éclairage contre les fluctuations de la

tension, l'auteur décrit un régulateur électromagnétique qu'il emploie avec succès depuis une dizaine d'années et qui est introduit dans plusieurs installations américaines; il en indique les différentes catégories d'applications.

(Communication de M. H. A. Laycock, American Institute of Electrical Engineers, février 1911.)

Développement des stations centrales. — L'auteur retrace le développement des centrales d'électricité, et il fait ressortir l'importance des deux problèmes essentiels en présence desquels elles se trouvent aujourd'hui : la limitation des perturbations au moyen de bobines de self-induction et le fonctionnement en synchronisme sur les lignes de puissance modérée par le contrôle de la vitesse des moteurs primaires.

(Communication de M. C. P. Steinmetz, American Institute of Electrical Engineers, juillet 1911.)

Limites économiques des transmissions d'énergie. — L'auteur démontre que la distance limite déterminée par les considérations économiques dans le cas de transmissions simples n'est pas applicable lorsqu'il s'agit d'un système de réseaux unifiés; il fait voir d'après quels principes pourraient être créés des réseaux illimités.

(Communication de M. R. A. Philip, American Institute of Electrical Engineers, février 1911.)

Réseaux électriques unifiés. — Il existe déjà aux États-Unis, ainsi qu'au Mexique, un certain nombre de réseaux unifiés formés par le fusionnement de plusieurs compagnies de transmission, de distribution ou de production d'électricité et englobant, dans un même système, des installations hydro-électriques, des usines génératrices à vapeur, des usines à gaz, etc. Ces systèmes unifiés ont de grands avantages au point de vue économique et ils permettent de desservir dans de bonnes conditions, des districts où la population est clairsemée et qui ne pourraient être desservis autrement d'une façon avantageuse. L'auteur décrit quelques-uns des réseaux unifiés américains existants ou en formation.

(Communication de M. W. B. Jackson, American Institute of Electrical Engineers, février 1911.)

Développement des installations électriques dans une ville anglaise (Brighton). — C'est à Brighton que fut établie, en 1883, la première ligne de traction électrique; en 1891, la municipalité installa six lampes à arc; l'année suivante, une compagnie monta une petite installation d'éclairage par arcs en série; en 1893, cette installation fut reprise par la municipalité. Depuis lors, les extensions ont été considérables.

Actuellement, la ville, qui compte 132 000 habitants, a 5 239 clients de l'électricité; la consommation est de 78 kwh par tête d'habitant. La localité n'est pas une ville industrielle. Toutes les installations de force à vapeur ont fait place au moteur électrique. On va commencer l'installation de fours électriques de boulangerie; le courant sera fourni à 0 fr. 05 au kwh.

On peut attribuer, en grande partie, ce succès à la sage politique qui a toujours été appliquée en matière d'administration. La municipalité s'est toujours efforcée de faciliter l'étude des installations, leur exécution, leur entretien; elle s'efforce de simplifier autant que possible toutes les opérations et d'avoir une tarification facilement compréhensible.

(Communication de M. J. Christie, Incorporated Municipal Electrical Association, juin 1911.)

Oscillations sur les lignes électriques. — En 1910, des essais ont été effectués sur la ligne à 100 000 volts de la Great Western Power Company, à l'effet de reconnaître dans quelles conditions se produisent les oscillations et surtensions, résultant de la manœuvre des appareils de commutation; ces essais ont été effectués à l'aide de l'oscillographe.

L'auteur les décrit et insiste sur le mode d'emploi de l'appareil qu'il a utilisé, ainsi que sur les avantages que présente cet instrument.

(Communication de M. G. Faccioli, American Institute of Electrical Engineers, juillet 1911.)

Perfectionnements dans l'industrie de l'éclairage électrique. — 1° Le rendement des dynamos a varié depuis 70 % en 1888, à 97 % de nos jours. Ces perfectionnements furent causés par la construction d'unités de très grandes puissances allant aujourd'hui jusqu'à 1 500 et même 2 500 HP.

2° L'adoption des turbines à haute pression, les nombreux perfectionnements apportés aux chaudières, permirent de porter la consommation de houille de 5 kg à 1 kg 3 par kilowatt-heure.

3° C'est grâce à la production et à l'emploi du courant alternatif que l'on put transporter l'énergie électrique à de très grandes distances et la vendre à des prix très bas. L'utilisation des chutes du Niagara économise annuellement 2 500 000 t de houille.

4° Dans dix ans, le rendement des lampes à arc a augmenté de 100 %, et l'on a porté la consommation des lampes à incandescence de 6 watts par bougie à 1 watt. Il est probable que dans un avenir très prochain cette consommation sera réduite à 1/2 watt.

(Communication de M. William H. Blood Jr., Technology Congress de Boston, 11 avril 1911.)

L'éclairage électrique des trains. — L'emploi des globes opales ou de réflecteurs sur des lampes en verre clair améliore beaucoup les conditions d'éclairage et constitue un grand progrès ; il permet de réaliser une économie importante. On applique beaucoup aux États-Unis un procédé consistant à installer un groupe électrogène dans le compartiment à bagages, à proximité de la locomotive, avec une batterie de réserve.

Les lampes les plus employées sont des lampes au tungstène à 64 volts généralement.

(Communication de M. C. R. Gilman, Illuminating Engineering Society, juin 1911.)

Sur un rayonnement émis à l'intérieur des lampes à incandescence. — Les lampes à incandescence à filament de charbon, survoltées, présentent parfois une lueur bleuâtre qui remplit toute l'ampoule, dure rarement plus d'une minute, s'éteint d'autant plus vite qu'on a survolté davantage, donne au spectroscope les principales raies du mercure et se concentre, au voisinage d'un aimant, suivant le tube de force qui passe par le filament. Le phénomène peut s'expliquer facilement, si l'on attribue la lueur à des électrons projetés par le filament, mais les effets du champ magnétique apparaissent comme inattendus ; jamais il ne se produit de déviation. Quelle que soit la direction du champ, on n'obtient qu'une modification dans la longueur du pinceau lumineux qui s'est formé. Les lampes à filaments de tungstène n'offrent rien d'analogue. Si, entre le filament de charbon et une électrode placée en un des points du tube, on établit une différence de potentiel d'au moins 100 volts, il apparaît sur l'électrode une houppe brillante qui grandit avec la différence de potentiel. Les lampes à filaments métalliques présentent ce dernier phénomène.

(Note de M. L. Houllévigüe, présentée par M. E. Bouty à l'Ac. des Sciences, 8 mai 1911.)

Sur les rayons cathodiques produits à l'intérieur des lampes à incandescence. — Les différents effets relatifs aux rayons cathodiques que l'on peut observer à l'intérieur des lampes à incandescence paraissent dus exclusivement aux électrons émanés du filament de carbone qui peuvent, ou bien être projetés suivant un pinceau défini, ou bien se répandre dans l'espace de la lampe où ils oscillent.

Il semble, quand le pinceau rencontre la paroi du verre, qu'il y ait réflexion. Il ne paraît pas impossible que les électrons animés de faibles vitesses rebondissent contre les parois, alors que les électrons plus rapides (comme ceux des ampoules radiographiques) pénètrent dans la masse de verre où ils produisent les actions chimiques bien connues.

(Note de M. L. Houllévigüe, présentée par M. E. Bouty à l'Ac. des Sciences, 26 juin 1911.)

Téléphone automatique. — Historique du développement des autocommutateurs. Difficultés rencontrées.

En 1903, à Grand Rapids, pour décider les autorités à adopter les autocommutateurs, l'Automatic Electric Company acceptait de garantir son matériel pendant sept années et de rembourser le prix des appareils et les dépenses de main-d'œuvre pour assurer un service régulier : l'observation de ce contrat n'a occasionné qu'une dépense de 5 000 fr à la Compagnie.

Le plus grand système automatique est actuellement celui de Los Angeles, avec 41 000 abonnés ; viennent ensuite celui de San Francisco, 25 000 et celui de Chicago, 20 000.

(Communication de M. W. Lee Campbell, Chicago Electric Club, 7 juin 1911.)

Le système automatique de téléphonie à San Francisco. — Les installations automatiques de San Francisco comprennent dix groupes d'appareils automatiques, répartis entre deux centraux ; elles sont capables d'assurer régulièrement le service complet pour toute la ville, qui a 600 000 habitants ; elles comptent 25 000 abonnés.

(Communication de M. S. G. Mc Meen, Western Society of Engineers, mars 1911.)

Téléphonie multiple. — Parlant des essais de M. Samer, M. S. G. Mc Meen en signale l'intérêt et l'originalité ; M. F. B. Jewett attire, par contre, l'attention sur l'alternation considérable qui se produit avec les courants de haute fréquence, et qui entraînerait la nécessité de puissances très considérables.

(Communication de M. S. G. Mc Meen et F. B. Jewett, American Institute Electrical of Engineers, juillet 1911.)

Téléphonie multiple. — L'auteur a fait des essais de téléphonie et de télégraphie multiple, sur une ligne artificielle de 10 km environ de longueur, en employant des courants alternatifs à haute fréquence, tels que l'on en applique en radiotéléphonie et en faisant usage pour la réception de perikou.

(Communication de M. Squier, American Institute of Electrical Engineers, juillet 1911.)

Transmission télégraphique. — L'auteur fait ressortir la grande importance du bon isolement des lignes sur la portée et la stabilité des transmissions télégraphiques ; il recommande l'emploi d'isolateurs de porcelaine ; il présente de nouveaux types d'isolateurs télégraphiques, et particulièrement des isolateurs de suspension.

(Communication de M. F. Fowle, American Institute of Electrical Engineers, juillet 1911.)

La télégraphie à grande distance. — L'auteur reprend une conférence déjà donnée à l'Association téléphonique de New-York, en avril dernier (Voir traduction dans les *Annales des Postes et Télégraphes*, juin 1911), et où il décrit les procédés de pupinisation appliqués par sa Compagnie ; celle-ci cherche à réaliser la téléphonie mondiale ; elle vient de mettre en service un circuit de New-York à Denver, qui est deux fois plus long que les plus longs en usage jusqu'ici (3 200 km au lieu de 1 700, entre New-York et Saint-Louis) ; elle vient, en outre, d'établir pour la somme de 5 millions de francs environ, 240 km de câbles entre New-York et Washington (distance totale, 375 km), et elle se propose d'établir un câble entre New-York et Boston (765 km).

(Communication de M. L. Gherardi, American Institute of Electrical Engineers, juillet 1911.)

Les interférences en radiotélégraphie. — L'augmentation considérable et incessante du nombre des stations de radiotélégraphie, si elle accroît la valeur commerciale de celle-ci, accentue aussi les difficultés résultant des interférences, et il est d'autant malaisé aujourd'hui de résoudre le problème, à ce point de vue, que les différentes catégories de service demandent des solutions spéciales ; pour les grandes stations transocéaniques, n'ayant à fonctionner qu'entre elles, on peut se mettre à l'abri des signaux étrangers en employant des ondes de longueur tout à fait distincte des longueurs usuelles ; mais pour les autres cas, il n'en est nullement ainsi ; certaines stations doivent pouvoir communiquer avec des postes donnés, plus ou moins semblablement équipés ; d'autres ont à fonctionner avec tous les postes.

Les deux méthodes principalement employées à présent consistent à produire des ondes soutenues, de fréquence bien uniforme, et à mettre les trains sous forme de groupes de fréquence également déterminée ; ce système est particulièrement réalisé avec les transmetteurs à étincelles soufflées du système de Wien ; les émissions sont rendues musicales en réglant convenablement l'alternateur générateur, d'après les procédés appliqués notamment à la tour Eiffel par la Société française radiotélégraphique.

(Communication de M. Hove, British Association, septembre 1911.)

Création d'un système de stations radiotélégraphiques dans tout l'empire anglais. — Il serait désirable qu'il y eût une chaîne de stations radiotélégraphiques permettant à la métropole de correspondre avec tout le territoire de l'empire sans dépendre des câbles qui pourraient être coupés en cas de guerre.

Ce programme est déjà réalisé partiellement.

(Communication de M. J. Ward, Imperial Conference, juin 1911.)

Le chauffage électrique appliqué à la cuisine. — L'auteur établit une comparaison entre le chauffage au gaz et le chauffage électrique ; il divise les appareils de cuisine en deux catégories : ceux à chauffage par conduction et ceux à rayonnement, et il fait voir que ces derniers sont plus avantageux avec le chauffage électrique qu'avec le chauffage au gaz.

Quant aux premiers, ils peuvent eux-mêmes être subdivisés en deux espèces : ceux à plaque chauffante indépendante et ceux où l'élément de chauffage est enfermé dans l'appareil : la plaque chauffante est moins

chère et d'un maniement facile, mais le rendement est moins bon.

L'auteur critique ensuite la construction des appareils, qui laisse généralement, dit-il, à désirer; il signale quelques-unes des imperfections les plus fréquentes: argenture insuffisante, difficulté de nettoyage, emploi de l'aluminium coulé, etc.

Pour qu'un fourneau donne de bons résultats, il faut que la circulation de l'air soit bien constante et uniforme; les éléments sont de préférence placés dans le fond, séparés de la chambre par des cloisons formant cheminée; les parois sont doubles, avec garniture de slag wool ou d'amiante en poudre de quatre à cinq centimètres d'épaisseur. Un appareil de ce genre donne de très bons résultats et, combiné avec une plaque chauffante et quelques appareils self contained, constitue un excellent outillage, parfaitement économique si le prix de courant est par exemple de 1/2 d.

(Communication de M. H. Gray, Institution of Electrical Engineers, 17 janvier 1911.)

Les appareils de chauffage électrique pour les usages domestiques. — Le plus important de ces appareils est le fer à repasser; le rendement des fers actuels est de 30 à 60 %; pour les meilleurs fers, il faut environ une minute et demie pour atteindre la température voulue; pour déterminer le rendement, on peut opérer en plaçant, sur le fer retourné, un récipient contenant de l'eau et en évaluant la dépense d'énergie pour porter le liquide à ébullition; pour apprécier la rapidité du chauffage, on place une petite boule de cire sur la base et sur le sommet. Pour porter une pinte d'eau à l'ébullition, il faudrait 3 000 watts-minute avec un appareil ayant un rendement de 100 %.

(Communication de M. C. P. Madsen, la National Electric Light Association, Chicago, mars 1911.)

Formation de la pellicule anodique sur l'aluminium. — Employé comme anode dans une solution électrolytique, l'aluminium se recouvre d'une pellicule d'oxyde très adhérente, qui présente une grande résistance au passage du courant électrique dans la direction qui l'a formée; cette propriété a une grande importance technique: elle est appliquée à la constitution de redresseurs, de condensateurs et de parafoudres.

Les auteurs ont étudié la formation de la pellicule et ils en ont mesuré l'épaisseur, par différents procédés; d'après leurs recherches, la pellicule serait en réalité formée de deux couches: une intérieure, diélectrique, constituée vraisemblablement par l'oxygène à l'état liquide, et une extérieure, conductrice, dépendant de l'électrolyte.

Leurs expériences ont également porté sur l'influence des impuretés dans les électrolytes, ainsi que sur l'emploi d'électrolytes non encore essayés.

Les oscillogrammes relevés avec le courant alternatif montrent d'une façon intéressante l'effet combiné de la capacité de l'anode et de la conductibilité asymétrique de la pellicule; aux basses tensions, c'est la capacité qui a l'influence la plus marquée; aux hautes tensions, la conductibilité asymétrique se marque.

Les meilleures solutions sont celles du borate d'ammonium et du molybdate d'ammonium.

(Communication de MM. Bairsto et Mercer, Faraday Society, mars 1911.)

Sur la mesure des champs magnétiques en valeur absolue. — L'emploi simultané de la balance de Cotton et de méthodes d'induction permet de mesurer avec sécurité des champs magnétiques de l'ordre de 15 000 gauss avec une précision de l'ordre du millième. Le procédé qui a conduit à ce résultat est le suivant:

Une bobine de surface s est enlevée du champ H à mesurer. Dans le même circuit se trouve une bobine de surface S , placée dans un champ connu h (dû au passage d'un courant connu dans un solénoïde). On s'arrange pour que la quantité d'électricité produite par l'enlèvement de la bobine soit égale à celle qui résulte de l'inversion du courant dans le solénoïde.

(Note de M. Pierre Sève, présentée par M. J. Violle à l'Ac. des Sciences, 29 mai 1911.)

Hystérésis dans les champs alternatifs dissymétriques. — Par des mesures statiques et dynamiques, l'auteur prouve que le travail absorbé dans un tel cas ne dépend pas seulement de la différence entre les valeurs extrêmes de l'induction, mais aussi de leur grandeur absolue.

(Communication de M. G. Vallauri, Atti della Associazione Elettrotecnica Italiana, février 1911.)

Perception visuelle d'un champ magnétique alternatif. — M. S. P. Thomson a signalé récemment que l'on peut percevoir visuellement un champ magnétique alternatif; ce champ était produit

au moyen d'une bobine de 23 cm. 5 de diamètre intérieur et 20 cm. de longueur et comportant 32 spires parcourues par un courant alternatif à 50 périodes d'une intensité de 180 ampères.

Cette expérience a été répétée avec une bobine plus grande et des intensités de courant plus fortes, par MM. Dunlap et Whitehead, qui ont pu vérifier l'exactitude de l'observation de M. Thomson.

Une personne plaçant la tête à l'intérieur de la bobine, les yeux fermés, percevait une excitation de la rétine dès que le courant était établi.

(Communication de M. J. B. Whitehead, American Institute of Electrical Engineers, avril 1911.)

MÉTALLURGIE

Frais de production des aciers électriques avec les fours à induction. — D'après des estimations de M. Elwell (1), on peut évaluer ainsi qu'il suit les frais de production des fours électriques à induction combinés Röchling-Redenhauser, dans les conditions existant aux Etats-Unis.

	1 ^{er} EXEMPLE	2 ^e EXEMPLE	3 ^e EXEMPLE	4 ^e EXEMPLE	5 ^e EXEMPLE
Four absorbant, . . kw	200	300	500	750	750
1. Dépenses d'installations, tous accessoires compris, ... fr	45 000	62 500	110 000	135 000	135 000
Frais d'intérêt annuel à 10 % fr	4 500	6 250	11 000	13 500	13 500
Nombre de journées de travail par an . . .	290	250	250	250	250
Nombre de charges par jour, ...	6	8	8	—	—
Durée des opérations par charge, ... h	3-3.5	—	—	—	—
Poids par charge, . . kg	700	2 000	5 000	7 000	7 000
Production par jour, . t	4,2	16	40	100 (1)	50
Production annuelle, . t	1220	4 000	10 000	25 000	12 500
Intérêt par tonne d'acier produite, ... fr	3,70	1,65	1,10	0,55	1,10
2. Salaires, dépense journalière, ... fr	55	80	100	(2)	—
Frais par tonne d'acier produite, ... fr	13,10	2,50	2,50	1,55	—
3. Entretien du revêtement, par tonne d'acier produite, ... fr	7,50	1,65	1,50	0,40	—
4. Dépenses d'énergie pour tenir la charge chaude pendant les arrêts (3 h) fr	0,45	—	—	—	—
Ou pour l'amorçage, . fr	—	0,10	0,10	0,10	—
Et pour la ventilation du transformateur, par tonne, ... fr	0,10	0,05	0,05	0,05	—
5. Dépenses d'énergie dans l'opération métallurgique, . . fr	850-900	300	230-280	100-150	—
6. Rodevance (pour une installation d'une cinquantaine de tonnes par jour), par tonne, . fr	2,50	2,50	2,50	1,65	—
Total fr	37,65	14,35	10,85	6,05	10,00

(1) Les constructeurs indiquent 140 tonnes.

(2) 2 fondeurs à 15 francs et 10 aides à 12 fr. 50, soit 155 francs par jour.

(3) Chiffre indiqué par les constructeurs.

1^{er} exemple: Four de 1,5 t triphasé, basculant, alimenté en courants à 50 périodes et absorbant, en charge normale, 200 kw avec un facteur de puissance de 0,8. Préparation d'aciers supérieurs de moulage, en partant du métal en fusion du convertisseur.

2^e exemple: Four de 5 t triphasé, basculant, alimenté en courants à 50 périodes et absorbant, en charge normale, 300 kw avec un facteur de puissance de 0,8. Préparation d'aciers de moulage, en partant du métal en fusion du convertisseur.

3^e exemple: Four de 5 t triphasé, basculant, alimenté en courants

à 50 périodes et absorbant, en charge normale, 500 kw avec un facteur de puissance de 0,8. Préparation d'acier au creuset en partant du métal en fusion du convertisseur.

4^e exemple : Four de 7 t triphasé, basculant, alimenté en courants à 25 périodes et absorbant, en charge normale, 750 kw avec un facteur de puissance de 0,6. Préparation d'acier supérieur de rails, en partant du métal en fusion du convertisseur.

5^e exemple : Four de 7 t triphasé, basculant, alimenté en courants à 22 périodes et absorbant, en charge normale, 750 kw avec un facteur de puissance de 0,6. Préparation d'acier de qualité supérieure, en partant du métal fondu du convertisseur.

(Communication de M. C. F. Elwell, American Institute of Electrical Engineers, 25-28 avril 1911.)

Effets du vanadium sur la fonte. — La consommation de vanadium introduit à l'état d'alliage dans les fontes grises est beaucoup moins importante que pour l'acier, car le prix de vente des premières exclut l'emploi de tout alliage coûteux améliorant leurs qualités. Néanmoins, lorsqu'on désire des produits de qualités exceptionnelles ou spéciales, ce dernier donne des résultats remarquables.

L'introduction de 1/10 % de vanadium nécessite une augmentation de prix de vente de la fonte de 1/2 à 1 %.

Bien que le vanadium ait de grandes affinités pour l'oxygène et l'hydrogène, ce n'est pas l'absorption de ce gaz que l'on se propose par son emploi; on y arriverait avec des produits meilleur marché; mais il agit d'une autre façon, pour la seule cause qu'il forme un alliage; il augmente la résistance de la fonte de 10 à 25 %, il donne au grain une très grande finesse par suite d'une répartition uniforme du graphite, il permet à la trempe d'exercer une action plus profonde; enfin la dureté qu'il communique à la fonte est remarquable.

Ceci permet l'emploi de fontes au vanadium pour la fabrication de cylindres de moteurs à gaz et machines à vapeur, des moules à bouteille, engrenages, tubes devant supporter de très fortes pressions, etc.

Le « New York central lines » qui équipa, il y a trois ou quatre ans, une de ses locomotives avec deux cylindres en fonte au vanadium fut si satisfait des résultats obtenus, que, deux ans après, 500 autres machines furent construites de la même façon. Le service fourni était en effet au moins le double de celui sur lequel on pouvait compter avec la fonte ordinaire et le nombre des cylindres rejetés aux essais extrêmement réduit.

De nombreux constructeurs ont adopté la fonte au vanadium pour la construction des rondelles de pistons et cylindres; son emploi pour la fabrication des moules à bouteille a permis une plus grande rapidité de fabrication, à cause de ce fait que le verre se détache beaucoup plus vite de ces fontes et parce qu'elles prennent un poli plus parfait.

Son emploi pour la fabrication des cylindres de laminoirs se développe de plus en plus.

Voici quelques résultats d'essais de ces fontes :

Section des barres : 6 cm² 25.

Longueur entre les supports : 30 cm.

	GISAILEMENT	TRACTION
Fonte ordinaire	1 065 kg	12 412 kg
Fonte au vanadium	2 318 —	14 364 —

Voici la composition chimique d'une fonte ordinaire et de la même après introduction de 0,056 % de vanadium :

	SANS VANADIUM	AVEC VANADIUM
Carbone graphitique	2,34	2,48
Carbone combiné	0,76	0,71
Silicium	1,83	2,21
Manganèse	0,43	0,42
Phosphore	0,508	0,546
Soufre	0,102	0,071
Vanadium	»	0,056
Résistance à la traction	17 280 kg	17 800 kg.

Comme nous le voyons, l'introduction de 0,056 % de vanadium a une action, les proportions ordinaires sont 0,18 à 0,20 %, on va jusqu'à 15 %.

La difficulté réside dans la haute température de fusion du vanadium. L'American Vanadium Company a récemment introduit dans le

commerce un ferro-vanadium appelé « masvan », contenant 30 à 35 % de vanadium, 10 à 15 % de silicium, 5 à 10 % de manganèse, 2 à 5 % d'aluminium qui fond et se mélange rapidement à la fonte en fusion.

(Communication de M. George L. Norris, American Foundrymen's Association, Meeting de Pittsburg, 1911.)

Sur le mécanisme de la déformation permanente dans les métaux soumis à l'extension. — Les résultats des expériences faites montrent : 1^o que dans les barrettes soumises à l'extension parallèlement au sens du laminage, les orientations conjuguées suivant lesquelles a lieu le mouvement moléculaire font avec la direction de l'effort un angle qui, minimum pour le métal recuit, augmente avec l'intensité de l'écroutissage; 2^o que la distribution des déformations est loin d'être la même quand le métal est écroui ou quand il est recuit.

Quand il est écroui, on obtient des striction obliques indépendantes les unes des autres, d'autant plus accentuées et d'autant moins nombreuses que la valeur de l'écroutissage est plus considérable.

Quand il est recuit, le métal peut se comporter de trois manières : a) le mouvement moléculaire n'est observable qu'au moment de l'allongement de striction; b) le métal donne lieu avant d'être soumis à la charge maximum du phénomène des larges rubans obliques; c) il y a production de strictions comme dans le cas des métaux écrouis, mais les dépressions qu'elles constituent sont beaucoup moins importantes. Si le métal est homogène (structure et composition), le mouvement moléculaire se produit dans tous les points à la fois (cas général des métaux recuits), mais si le corps est hétérogène, le déplacement relatif des éléments est discontinu dans toute la masse et peut commencer par des centres, qui se répartiront plus ou moins uniformément pour constituer des zones plus ou moins régulières de déformation (cas des métaux écrouis).

(Note de M. L. Hartmann, présentée par M. Lecornu à l'Ac. des Sciences, 8 mai 1911.)

La métallurgie au Chili. — Les principaux gisements de fer de l'Amérique du Sud sont :

Les minerais magnétiques de Porto-Rico et du Honduras;

Les minerais hématites et magnétites de Cuba (Fe = 67 %, Si = 1,2, Ph = 0,021);

Les limonites de la République Argentine.

Au Brésil, les minerais de la province de Saint-Paul sont délaissés à cause de leur teneur en titane.

Dans la province de Minas-Geraes, l'exploitation des mines de Buena-Esperanza a été reprise, une usine créée, et on installe un chemin de fer électrique pour relier les mines au port de Victoria, distant de 600 km.

On estime le cube exploitable à 800 millions de tonnes.

Le minerai contient : fer, de 69 % à 70 %; silice, 0,1 %; soufre, 0,0015 % et phosphore, 0,008.

Au Chili, les gisements de fer sont de deux sortes : dépôts stratifiés, et chapeaux de gites cuivreux. Ils sont presque tous situés sur une même ligne Nord-Sud et se rencontrent surtout dans les provinces d'Antofagasta, Atacama et Coquimbo (mine du Tofo).

On trouve des minerais de toutes sortes (magnétite, oligiste, hématite, etc.). La teneur en fer, généralement élevée, varie de 66 % à 70 %. Celle du phosphore, varie de 0,006 % à 0,1 %.

Le bois est abondant, le coke d'Europe ou des États-Unis peut parvenir en certains points à des prix abordables. Les castines, les matières réfractaires, les métaux accessoires (manganèse, wolfram, titane, vanadium) existent dans le pays. On peut donc trouver sur place tous les éléments nécessaires à l'industrie sidérurgique.

Mines de fer du Tofo. — Elles sont situées dans la province de Coquimbo, à 7 200 m de la côte. Le cube exploitable est estimé à 145 millions de tonnes avec de 65 % à 68 % de fer, et 0,03 de phosphore.

Elles sont reliées par un transporteur aérien de 7 200 m avec le port de Cruz-Grande, où est installée une station de chargement avec pont en porte à faux.

Usine de Corral. — Elle est située à 900 m environ du port de Corral, où un môle de 140 m, outillé pour la manutention de 10 000 t par jour, reçoit les minerais du Tofo et les castines de la province d'Atacama.

Le bois exploité méthodiquement est amené à l'usine et emmagasiné dans une réserve de 25 000 m³, où sa teneur en eau passe de 52 % à 25 %, puis débité en bûches de 25 cm.

Deux hauts fourneaux sont établis : l'un est déjà en pleine marche ; une aciérie de 100 t est en construction.

Les hauts fourneaux au bois cru, système Prud'homme, présentent les dimensions suivantes : hauteur totale, 24^m,50 ; capacité, 450 m³ ; diamètre au centre, 6 m ; diamètre au gueulard, 5 m. Chaque fourneau peut produire 70-80 t par jour, avec une consommation de bois à 25 % d'eau de 3 200 kg à la tonne de fonte produite. On se propose de récupérer en grande partie les produits de la distillation du bois. La fonte produite est d'excellente qualité.

(Communication de M. Ch. Vattier, Soc. des Ingénieurs civils, 16 juin 1911.)

MINES

La fosse n° 15 de la Société des mines de Lens. — Le siège n° 15 des Mines de Lens, à Loos-en-Gohelle, comprend deux puits jumeaux, 15 et 15 bis, de 4^m,80 de diamètre, distants de 25 m, servant l'un d'entrée, l'autre de retour d'air. Ils sont cuvelés en fonte dans le niveau, qui a été traversé par la méthode de la congélation, et ont été foncés, le premier jusqu'à la profondeur de 296^m,87, le second jusqu'à celle de 258^m,30. Un accrochage d'extraction existe aux deux puits à la profondeur de 234^m,15 ; le puits 15 bis a été muni en plus d'un accrochage de service à 128 m.

Le puits n° 15 est pourvu de cages à deux étages et huit berlines ; le puits n° 15 bis, de cages à un seul étage et quatre berlines.

Le triage et les voies du carreau reposent sur un massif de remblai de 22 m de hauteur. Cette disposition exceptionnelle a été imposée par la situation des lieux, les orifices au jour des puits 15 et 15 bis se trouvant à environ 25 m en contre-bas du réseau ferré qui dessert les fosses voisines 14, 12 et 11.

L'ensemble des chevalements présente l'aspect de deux pylônes métalliques, excentrés par rapport aux puits dans le sens longitudinal, et surmontés tous deux d'un belvédère abritant les molettes. Leur hauteur verticale est de 56^m,805 ; celle des belvédères, de 8^m,50 ; la pointe de paratonnerre qui termine la construction est à 73^m,305 au-dessus de la recette des eaux.

Le poids des diverses parties métalliques du chevalement est de 1 029 t.

Les passerelles reliant les recettes au triage ont 60^m,94 de longueur, le plancher en est incliné à 0,01 par mètre ; sur chaque passerelle est installé un trainage mécanique par chaîne flottante.

Le triage mécanique, érigé au sommet du remblai, forme un bâtiment métallique de 36^m,18 de longueur sur 26 m de largeur, la grande face orientée vers les puits ; son ossature repose, par des piliers métalliques de 200 mm de largeur, sur des massifs en maçonnerie, établis au sommet de piles qui descendent jusqu'au bon sol et ont été exécutées au fur et à mesure de la montée du remblai.

Il comprend deux séries d'appareils, les uns à grilles fixes, les autres à tables à secousses, permettant d'obtenir des produits bien épurés et de compositions variées.

Les moteurs d'extraction sont connectés suivant le système Léonard ; l'égalisation de la puissance prise au réseau s'obtient par l'emploi de volants Ilgner, qu'un dispositif de résistance sur l'induit du moteur permet de faire glisser de 15 %.

La machine du n° 15 est actionnée par deux moteurs à courant continu à 300 volts, normalement en série sur 600 volts ; la machine du n° 15 bis ne comporte jusqu'ici qu'un seul moteur.

A chaque moteur de machine d'extraction correspond un groupe moteur-générateur à volant ; le moteur asynchrone triphasé peut fournir une puissance de 340 chevaux à 485 tours par minute ; le volant, en acier coulé, du poids de 18 t, tourne à la vitesse périphérique de 80 m à la seconde. La génératrice est à 300 volts, les deux génératrices affectées aux moteurs de la machine du puits n° 15 sont montées en série pour le service normal.

L'extraction se fait par poulie Kœpe.

Les ventilateurs ont été établis pour donner un débit de 80 m³ à la seconde sur un orifice équivalent de 2^m,50.

(Communication de M. E. Cuvelette, Soc. des Ingénieurs civils, 16 juin 1911.)

PHYSIQUE

Diminution progressive du rendement en ultraviolet des lampes en quartz à vapeur de mercure. — Les effets produits par les lampes en quartz à vapeur de mercure ne sont pas constants. Les lampes chauffant au rouge et usagées peuvent émettre notablement moins de rayons ultraviolets qu'une lampe neuve, jusqu'à sept fois moins suivant Bordier. Les expériences entreprises pour vérifier ce fait ont

montré que, pratiquement : 1° il ne fallait pas compter sur la constance du rendement lumineux et ultraviolet des lampes en quartz, si elles fonctionnent à haute température ; 2° l'action physique, chimique, biologique et abiotique des lampes, soumises à ce régime, allait en décroissant à dater du jour de leur mise en service ; 3° l'altération était intérieure à la lampe et indélébile ; 4° il fallait éviter l'élévation de la température du quartz, en refroidissant convenablement les lampes pendant leur fonctionnement.

(Note de MM. Jules Courmont et Ch. Nogier, présentée à l'Ac. des Sciences par M. A. Chauveau, 19 juin 1911.)

Derniers progrès dans la mesure des hautes températures. — Le thermomètre à gaz est l'instrument de mesure fondamental pour la détermination des températures supérieures à 1 000° C. On emploie généralement aujourd'hui l'azote, parce que l'hydrogène, qui répondrait mieux cependant à la définition du gaz parfait, traverse presque toutes les substances à partir de 300° C. L'azote peut être employé jusqu'à 1 600° ; il se comporte régulièrement jusque-là, mais au-dessus de cette température, il cesse d'être inerte. On devrait donc, pour dépasser cette limite, employer un autre gaz, l'argon par exemple ; toutefois, la construction du récipient présenterait alors des difficultés ; vraisemblablement pourrait-on le faire en tungstène. Jusqu'à 1 600°, on peut employer le platine à 20 % de rhodium ; aucune autre substance ne permet d'aller aussi haut ; la silice pure fondue convient jusqu'à 1 100° C ; la porcelaine est abandonnée. On chauffe le thermomètre à gaz et l'appareil à calibrer dans un four électrique ; une difficulté est de faire en sorte que la température soit uniforme dans toute l'ampoule ; l'auteur est arrivé à réduire les inégalités à moins de 2 % pour les hautes températures ; jusqu'à 650°, il est permis d'utiliser un bain de nitrates de potassium et de sodium et l'uniformité de température est plus facilement acquise.

La courbe de température est une parabole, dont il est aisé de déterminer le tracé par interpolation une fois que l'on connaît quelques points. Il est actuellement possible de mesurer avec précision toutes les températures jusqu'à 1 500° si l'on dispose de points de repère suffisants pour calibrer périodiquement le thermo-élément, qui devient un ustensile d'une grande utilité.

(Communication de M. A. L. Day, Faraday Society, juin 1911.)

L'alundum employé comme matière réfractaire. — L'alundum (bauxite fondue électriquement) fond entre 2 000 et 2 100° C ; son coefficient de dilatation linéaire est très bas (0,000 008) et sa conductibilité calorifique est relativement bonne ; cette matière convient bien pour la confection de tubes (protecteurs de pyromètres, etc.), de moufles, etc. Elle est poreuse. Sa durabilité est 4 ou 5 fois plus grande que celle de la terre réfractaire ordinaire. Elle est employée comme ciment pour le revêtement de creusets ou de fours destinés à supporter des températures élevées. Elle est aussi utilisée sous forme de briques pour la confection de maçonneries de four électrique.

(Communication de M. L. E. Saunders, American Electrochemical Society, avril 1911.)

Action de la vapeur d'eau dans les gazogènes. — Des expériences ont été faites à l'Université de Birmingham dans le but de déterminer l'action des quantités de vapeur d'eau sur l'allure générale et le rendement d'un petit gazogène. Les courbes d'essai montrent que la teneur du gaz en hydrogène n'augmente plus avec l'alimentation d'eau dès qu'elle dépasse 0 kg 75 par kilogramme d'anthracite. Il ne faudrait donc pas dépasser cette limite au delà de laquelle l'excédent de vapeur ne fait qu'emprunter au gazogène de la chaleur qu'il cède au laveur.

MM. Boue et Wheler avaient déjà montré que pour les grands gazogènes avec du charbon bitumineux, la teneur en vapeur ne devait pas dépasser 1 kg 5 par kilogramme de vapeur.

L'excédent de vapeur et le refroidissement des gaz qu'il entraîne n'ont d'intérêt que si l'on veut récupérer l'ammoniaque comme dans le procédé Mond.

Dans le petit gazogène employé, la teneur en acide carbonique est restée pratiquement constante, malgré l'augmentation du débit de la vapeur.

(Communication de M. E. A. Allcut, Institution of Mechanical Engineers, Londres, 28 avril 1911.)

Le tirage équilibré. — La cheminée est un moyen simple mais illogique et coûteux pour assurer la combustion dans un foyer industriel. Son rôle devait se limiter strictement à évacuer dans l'atmosphère pour en empêcher l'action nocive, les gaz brûlés et pollués.

Le but du triage équilibré est d'établir une liaison entre la quantité d'air qui traverse par pression le combustible et celle qui franchit le registre de sortie des gaz par appel de la cheminée, de telle sorte que la dépression dans le foyer soit nulle, ou sensiblement nulle et en état d'équilibre constant, quelles que soient les variations de la combustion. Ce résultat est obtenu au moyen d'un moteur actionnant un ventilateur qui insuffle de l'air dans le cendrier, dont la vitesse variable est automatiquement réglée par la pression du générateur et d'un régulateur à cloche relié par un tuyau à la chambre de combustion. La cloche agit sur un petit distributeur d'eau sous pression qui actionne un piston en connexion par un câble équilibré avec le registre de la cheminée.

Lorsque la pression du générateur baisse, la soupape, qui règle le moteur, s'ouvre, la vitesse du ventilateur et son débit augmentent, l'air traverse le combustible en plus grande quantité et automatiquement la combustion et en créant dans le foyer une légère surpression, qui se transmet immédiatement à la cloche du régulateur. Celui-ci commence à ouvrir le registre et l'équilibre se rétablit.

Si la pression du générateur monte au delà du point fixe, l'inverse se produit : le ventilateur diminue de vitesse et de pression ; l'air traversant le combustible arrive en quantité moindre, la cheminée fait sentir son action d'appel, il se crée une légère dépression qui actionne la cloche et ferme le registre.

Les avantages qui découlent d'un tel système sont les suivants :

1° Constance de la pression : puisque le moindre écart, au delà ou en deçà du point fixe, se traduit immédiatement et automatiquement par une diminution ou une augmentation de l'activité du foyer ;

2° Possibilité de brûler tous les combustibles, puisqu'on est complètement maître de la pression d'air dans le cendrier et de l'activité de la combustion. On peut donc employer tous les combustibles menus, particulièrement le poussier de coke ;

3° Minimum d'entraînement des poussières dans les carneaux, puisque la vitesse des gaz brûlés est réduite au minimum : celle qui est indispensable à leur évacuation, et que, pratiquement, le tirage équilibré maintient de façon automatique, dans le foyer, à une pression très sensiblement égale à la pression atmosphérique. On a donc la possibilité, que ne donne aucun autre système de grille soufflée, de brûler, sans entraînement dans les carneaux, tous les poussières maigres, en particulier ceux de coke de gaz ;

4° Augmentation du rendement thermique du générateur, du fait du ralentissement des gaz brûlés, qui restent au contact des parois pendant un temps plus long, en baignant toutes les parties à la vitesse minimum, ce qui assure, dans les meilleures conditions possibles, la transmission des calories des gaz aux parois de la chaudière ;

5° Suppression du refroidissement causé par les rentrées d'air à travers les fissures et, surtout, par celles que provoque l'ouverture des portes de chargement ; ce qui, outre l'avantage d'éviter des pertes par refroidissement, se traduit par une conservation plus longue des maçonneries et des tôles, qui ne sont plus soumises à des alternatives de contraction et de dilatation ;

6° Combustion assurée automatiquement avec le minimum d'air nécessaire, la préoccupation du chauffeur se résumant à une répartition égale du combustible dans le foyer à l'épaisseur convenable.

(Communication de M. H. Decluy, Congrès de l'Assoc. des Chimistes de sucrerie de France et des colonies, 4 avril 1911.)

Refroidissement de l'eau de circulation des condenseurs de vapeur. — Ce dernier est le plus souvent assuré par l'évaporation d'une partie de cette eau circulant dans des tours en sens inverse d'un courant d'air.

La quantité d'air nécessaire pour le refroidissement de l'eau est donnée avec une grande approximation par la formule suivante :

$$W(Q_h - Q_c) = \left\{ \frac{V_c}{0.736 T_c} \times 0.24(T_h - T_s) + r \left(\frac{V_h}{\text{volume spécifique de la vapeur à la température de l'air au bas de la tour.}} - \frac{V}{\text{volume spécifique de la vapeur à la température de l'air au sommet de la tour.}} \right) \times \text{humidité,} \right.$$

dans laquelle :

W, poids de l'eau de circulation du condenseur par livre (450 gr) de vapeur ;

V_c, volume en pieds cubiques (0m³,0283154) de l'air froid envoyé dans la tour par livre de vapeur condensée, cet air pouvant être amené par tirage naturel ou au moyen d'un ventilateur ;

T_h, température absolue du degré Fahrenheit de l'air quittant la tour ;

T_c, température absolue de l'air entrant dans la tour ;

V_h, volume en pieds cubiques de l'air quittant la tour ;

P_c, pression absolue de l'air à son entrée dans la tour en pouces ($\frac{10}{4}$ cm) de mercure ;

Q_h, chaleur contenue dans l'eau de condensation chaude ;

Q_c, chaleur restant dans l'eau de condensation refroidie (unités anglaises) ;

r, chaleur d'évaporation correspondant à la température du sommet de la tour.

Le premier facteur représente la chaleur abandonnée par l'air et le second la quantité de chaleur enlevée par l'évaporation d'une partie de l'eau.

Ce deuxième facteur divisé par r donne le poids d'eau à rajouter après l'évaporation.

(Communication de M. Edward F. Miller, Congrès de technologie de Boston, 11 avril 1911.)

Perte d'énergie et chute de pression dans les turbines à vapeur.

— Les projets de construction des turbines à étages de pressions sont basés sur la constance de l'entropie de la vapeur. L'effet du frottement de la vapeur contre les aubes augmente la chaleur de cette dernière et, par conséquent, la proportion de puissance produite dans les derniers étages. Une formule empirique permet de déterminer la puissance développée dans chaque étage, à condition de se servir d'une table donnant l'entropie en fonction de la température ou un diagramme donnant l'entropie en fonction de la chaleur.

(Communication de M. Forrest E. Cardullo, American Society of Mechanical Engineers, février 1911.)

Sur une nouvelle méthode d'utilisation à distance des eaux minérales thermales. — Le problème que l'on s'était proposé était de transporter une eau minérale thermale, pouvant être bue au loin encore « vivante » comme à sa source :

1° En lui conservant sa température initiale au griffon ; 2° en l'embouteillant au griffon de la source dans un flacon opaque stérilisé, ouvert seulement une fois plongé dans l'eau et bouché sous l'eau, de façon à emprisonner tous les gaz et à éviter toutes les influences extérieures jusqu'à utilisation thérapeutique. Pour cela, on s'est servi d'un flacon à double paroi entre laquelle le vide a été fait ainsi que dans la plaque en verre creux qui sert de bouchon. Une fermeture à ressort permet d'ouvrir et de fermer le flacon sous l'eau. Par-dessus le flacon, une enveloppe métallique à double paroi et divisée en deux parties, hermétiquement closes, après introduction dans l'espace libre d'une quantité variable de baryte hydratée, a pour but de créer à volonté, autour de l'eau thermale, une zone continue de chaleur par-dessus la zone continue de vide.

Cette méthode permet de conserver aux eaux thermales leur température initiale pendant vingt-quatre heures pour les eaux dont la température est de 35° à 45°, et pendant quinze heures pour les eaux dont la température est de 45° à 55°. Elle permet aussi d'assurer la stabilité thermique de l'eau, régulièrement pendant un temps pour ainsi dire indéfini en plaçant le flacon et son enveloppe dans de l'eau chaude à température déterminée.

(Note de M. Boudry, présentée par M. d'Arsonval à l'Ac. des Sciences, 29 mai 1911.)

Des images révélées physiquement après fixation de la plaque au gélatinobromure d'argent irradiée. Actions isolées ou successives de la lumière et des rayons X. — On peut admettre qu'une plaque sensible excitée par les radiations, puis fixée et lavée, renferme des germes actifs susceptibles d'amener la condensation de l'argent naissant, engendré par le révélateur employé.

Si l'irradiation a été courte ou de moyenne durée, la plaque sensible ne présente aucune altération visible avant ou après fixation. Pour les fortes irradiations, il en est autrement ; les parties les plus exposées forment avant fixation des plaques plus foncées et, après fixation, ne deviennent pas parfaitement transparentes.

L'agent fixateur paraît jouer un rôle notable dans la constitution de ces germes actifs, car il est possible, en variant son degré de concentration, d'obtenir après fixation des images non identiques.

(Note de M. Chanoz, présentée par M. d'Arsonval à l'Ac. des Sciences, 26 juin 1911.)

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION

DU TRAVAIL INDUSTRIEL

Hygiène dans l'industrie de la couperie de poils.

Un décret du 2 juin 1911 a prescrit des mesures particulières d'hygiène dans l'industrie de la couperie de poils. Il est interdit, notamment, d'entreposer des peaux, des déchets et des poils dans les ateliers. Les eaux résiduaires de lavage des peaux doivent être évacuées immédiatement hors des locaux de travail par canalisation fermée.

La préparation du nitrate acide de mercure (secret) doit être organisée de telle sorte que l'ouvrier chargé de ce travail ne respire pas de vapeurs nitreuses.

Dans les locaux où s'effectue l'opération du secrétage, les tables à secréter, le revêtement des murs voisins jusqu'à hauteur d'homme et celui du sol doivent être imperméables.

Le nitrate nitrique qui découle des peaux, des brosses et des tables à secréter doit être recueilli directement dans des récipients.

Il doit être procédé chaque semaine au nettoyage à grande eau des tables de secrétage, des murs voisins jusqu'à hauteur d'homme et du sol.

L'étuve de secrétage doit être disposée de façon qu'elle ne laisse dégager dans l'atelier ni gaz, ni vapeurs, ni poussières, même quand la porte de l'étuve est ouverte.

L'étuve doit être pourvue d'un dispositif tel que l'ouvrier ne soit pas obligé d'y pénétrer pour introduire ou retirer les peaux secrétées.

Le brossage des peaux secrétées, le coupage et la soufflerie des poils doivent être effectués en appareil clos ou à l'aide d'un dispositif s'opposant efficacement à la dissémination des poussières.

Dessins et modèles.

Un décret du 26 juin 1911 porte règlement d'administration publique pour l'exécution de la loi du 14 juillet 1909 sur les dessins et modèles. Ce décret comporte 38 articles. Le ministre du Commerce et de l'Industrie a, en outre, adressé le 10 juillet 1911, aux tribunaux de commerce et aux conseils de prud'hommes, des instructions pour l'application de ce décret.

QUESTIONS ÉCONOMIQUES

Le guano et son commerce.

(Suite et fin) (1).

On vend aussi, sous le nom impropre de *guanós*, certaines substances minérales (phosphate de chaux, etc.). Tel est le guano ferreux de l'île Baker, qui renferme 78 % de phosphate de chaux et 6 % de phosphate de magnésie.

Les *guanós* de l'île Jarvis et la baie de Méjillones ont des compositions voisines. Ceux des îles Sombbrero et Navassa (Antilles), appelés aussi sombreroite et navassite, sont formés par la décomposition du calcaire coralliaire et renferment 75 à 90 % de phosphate de chaux (34 à 42 % d'acide phosphorique), 4 à 10 % de carbonate de chaux, de l'argile, du fer, etc. L'île de Curacao donne du guano phosphaté

encore plus riche en phosphate de chaux (85 % au moins).

On réserve le nom de *guanós phosphatés* à ceux qui ne contiennent qu'une petite quantité d'azote (de 1 à 4 %), mais dont le taux en acide phosphorique s'est élevé de 30 à 35 %; ils proviennent de régions pluvieuses.

Les *guanós en roche* sont des *guanós phosphatés* agglomérés en roches et contenant de 15 à 35 % d'acide phosphorique.

Les *phospho-guanós* sont les *guanós* en roches et les *guanós phosphatés* convertis en superphosphate par un traitement à l'acide sulfurique.

Les *guanós dissous* sont des *guanós ordinaires* ou azotés qui ont subi l'action de l'acide sulfurique, comme les précédents.

Il existe encore : le *guano de chauve-souris*, contenant parfois jusqu'à 12 % d'azote, extrait de certaines grottes de l'Amérique du Nord et du Sud, des Antilles, de France, d'Algérie, etc.; le *guano de poissons* (*guano marin*, *guano polaire*), qui provient du traitement industriel de poissons non comestibles et de débris de poissons (1); le *guano de viande* ou de Fray-Bentos, fabriqué dans cette dernière ville (Uruguay) avec des débris et résidus de viande.

Le guano ordinaire contenant de l'azote, de l'acide phosphorique et de la chaux restitué au sol trois éléments essentiels à sa fertilité. Aussi, partout où la potasse et la magnésie étaient abondantes, le guano a-t-il produit des résultats excellents, faisant renaître la valeur agricole de terres épuisées d'azote ou d'acide phosphorique. « Mais en puisant dans le sol des bases alcalines, potasse et soude, de la magnésie et de la silice soluble, lisons-nous dans la *Grande Encyclopédie*, il a amené cette sorte de stérilité de la terre que l'on a désignée sous le nom de maladie du guano. »

Le guano, en effet, était incomplet, et si les premiers gisements exploités avaient donné des engrais contenant de 12 à 15 % d'azote et de 13 à 16 % d'acide phosphorique, ces gisements s'épuisèrent et ceux que l'on exploita ensuite avaient une richesse très inférieure. On trouva, il est vrai, des *guanós* beaucoup plus

riches en acide phosphorique, mais aussi presque privés d'azote. On en trouva aussi contenant à la fois peu de l'un et de l'autre de ces éléments.

La vogue du guano était telle que, pendant un certain temps, ces *guanós* inférieurs trouvèrent des acheteurs en Europe au prix élevé des premiers et excellents gisements. Mais les déboires qu'en retirèrent les agriculteurs ont été la cause du déclin de cet engrais qui, aujourd'hui, est concurrencé par d'autres produits, la plupart fabriqués chimiquement.

Le guano a d'ailleurs été falsifié depuis longtemps. Les fraudeurs l'ont mélangé avec de la terre, du sable, des cendres, du sel marin, du plâtre, de la sciure de bois, etc.

D'après M. Bernard Dyer, les meilleures qualités de guano sont mélangées ou graduées de façon à les amener à contenir des pourcentages déterminés d'azote et de phosphates : on y ajoute, si c'est nécessaire, des sels ammoniacaux pour arriver à l'uniformité. Ces *guanós* garantis ou égalisés se vendent avec garantie de pourcentages déterminés d'azote, de phosphates et de potasse. C'est ainsi que l'on vend une qualité de guano « égalisé » avec garantie d'une teneur de 6,59 à 7,40 % en azote (correspondant à 8 à 9 % d'ammoniac) et de 25 à 30 % de phosphates.

Parfois, le guano du Pérou est « dissous » ou solubilisé par l'acide, de façon à le rendre plus soluble et applicable en couverture. Mais, même dans les *guanós* pauvres, les phosphates à leur état naturel sont, pour la plus grande partie, facilement assimilables par les plantes. Dans le guano naturel, brut ou dissous, les phosphates, les composés azotés et la potasse sont étroitement unis dans chaque particule de guano, ce qui, pour certains usages, assure au guano un avantage sur les mélanges bruts de superphosphates avec les sels ammoniacaux, etc.

Le guano d'Ichabae est un guano azoté riche, ressemblant beaucoup aux meilleures qualités de guano brut du Pérou et fournissant des phosphates aussi bien que de l'azote. Il provient d'îles situées au large de la côte sud-ouest africaine.

Le guano du Damaraland est un autre guano naturel riche en azote, phosphates et en potasse assimilables.

Le guano, employé depuis longtemps comme engrais par les Indiens du Pérou et du Chili, ne fut signalé en Europe qu'en 1804. Il n'y fut régulièrement importé qu'à dater de 1840, après les beaux résultats obtenus par les expériences des agriculteurs anglais. La vogue de ce produit fut rapide et devint une source de richesse, pour le Pérou surtout.

Il s'en exporta en Europe des quantités de plus en plus considérables, jusqu'à 500 000 t chaque année. La France en acheta de 30 000 à 70 000 t tous les ans entre 1857 et 1866. Le maximum fut atteint en 1870 avec 130 000 t, valant 42 millions de francs. Puis vint la décroissance. Cependant, de 1872 à 1880, l'importation française se maintint à un niveau de 72 000 t valant 25 millions de francs. À partir de 1880, la diminution est sensible et, en 1891, on n'enregistre plus que 7 000 t de guano introduites en France.

De 1840 à 1860, les importations du guano en Angleterre atteignirent 435 000 t. De 1851 à 1860, les îles Chincha produisirent 2 860 000 t et, de 1853 et 1872, on en exporta 8 millions de tonnes des îles du Nord et du Centre. Les îles Guanape l'exportèrent dès 1869 : trois ans après, elles en expédiaient 838 000 t.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 8, p. 582, et n° 9, p. 530.

L'immensité des accumulations de guano au Pérou fit supposer au début que ces trésors dureraient plus d'un siècle. Mais l'engouement de cet engrais fut tel que sa consommation s'accrut dans des proportions inattendues.

« Le gouvernement péruvien, propriétaire des *guaneros*, et les spéculateurs de toutes nations qui lui servaient d'intermédiaires avec les acheteurs d'Europe, dit Elisée Reclus (*Géographie universelle*, t. XVIII, p. 576), ne voyaient dans cette industrie que le bénéfice immédiat et le maniement de sommes qui dépassaient 100 millions chaque année. Le prix de vente l'emportait trente fois sur les frais d'extraction. »

Les premières exploitations de guano furent celles des gisements les plus riches (îles Chincha et Angamos), mais ils étaient presque épuisés dès 1860. Le gouvernement péruvien fit alors exploiter successivement, de 1865 à 1870, les îles voisines de Guanape, Balestas, Macabi.

Le gouvernement péruvien interdit, en 1872, l'exploitation du guano des îles Chincha, sauf pour les usages du Pérou.

Depuis, on s'est adressé à d'autres gisements du sud du Pérou : Pabellon de Pica, Lobos de Afuera, Punta de Lobos de Huanillos, Hormigas, Huauru, Santa, Lobos de Tierra. Les meilleurs guanos actuels sont ceux des îles Lobos.

L'épuisement d'une partie des dépôts des îles et côtes péruviennes et chiliennes n'a pas été compensé par l'exploitation du guano de Polynésie, des Antilles et des côtes africaines (*). On évaluait vers 1893 à 300 000 t les importations annuelles totales de guanos et guanophosphates en Europe.

En 1905, les statistiques péruviennes ont accusé une exportation de 73 363 t. Le total de 1906 a été de 90 413 t, valant 361 652 livres sterling. Pour cette dernière année, les pays importateurs de guano se classent ainsi : Angleterre, 30 234 t; Belgique, 26 198 t; Etats-Unis, 16 145 t; Allemagne, 25 388 t; Hollande, 2 438 t.

Pour 1909, les exportations péruviennes en guano sont tombées à 85 000 t. Elles n'ont plus été que d'environ 70 000 t en 1910. Le Pérou en utilise en outre 30 000 t pour son agriculture.

Le guano a donc beaucoup perdu de son importance commerciale d'antan, mais il a conservé cependant une place honorable comme engrais.

Paul BARRÉ.

L'Industrie dans le Turkestan.

Depuis quelques années on exploite, au Turkestan, des mines de charbon, de cuivre et des gisements pétroliers.

Le charbon, dont la production annuelle est de 2 300 000 pouds, est extrait dans trois régions.

Par ordre d'importance : 1° le groupe Kokine-Saïski, du gouvernement de Samarkande, qui comprend trois mines : les couches travaillées sont du lignite et elles atteignent 9^m 50 d'épaisseur. La production annuelle de ces mines est de 1 300 000 pouds; 2° le groupe du district de Cocande comprend deux mines

dont la production ne dépasse pas 500 000 pouds; 3° enfin le groupe de la province Ferghana, du district de Margellan, arrondissement d'Aravan, dont la production atteint 5 000 pouds.

Des gisements de cuivre ont été découverts en deux endroits : sur le fleuve Syr-Daria à 36 verstes de la ville de Cocande, le cuivre y est à l'état vierge et exploité par la Société minière de Syr-Daria au capital de 800 000 roubles. Les minerais rencontrés dans ses travaux contiendraient de l'uranium et du vanadium. L'extraction, dont la plus grande partie a été expédiée à Saint-Petersbourg, s'évaluait en 1908 à 10 000 pouds.

Les terrains pétroliers du Turkestan sont situés principalement dans la province de Ferghana. La présence du pétrole y est connue depuis longtemps, mais ce n'est qu'en 1898 qu'on en a commencé l'exploitation. La production de certains fonçages atteint 17 000 pouds par jour.

La province de Semiretchiensk contient des mines de fer. L'une d'entre elles est très importante et est distante seulement de 100 verstes des charbonnages de l'Ili. Elle contiendrait plus de 480 millions de kilogrammes de fer, et située dans les monts Kysylkoup, elle n'est qu'à 25 verstes de la station d'Aïna Boulak.

Le plomb et l'argent se rencontrent dans les monts Kalkanski et ceux de l'Altyn-Ernel et enfin près de la rivière Ouchour, où les gisements sont particulièrement étendus.

On parle aussi beaucoup des mines d'or de ces régions, mais on ne peut citer comme réellement existants que des sables aurifères. On trouve de l'or dans plusieurs affluents de l'Ili, et on l'extrait dans deux endroits du district de Djarkent.

Enfin nous citerons :

Les riches gisements de graphite des environs de Sergrapoul et du bassin de la Nargue.

Les gisements de sels que l'on rencontre partout : dans la vallée de Kotchakarn ils atteignent jusqu'à 100 km de longueur; les Kirghises en tirent du sel qu'ils échangent contre du pain;

Le gypse du défilé de Rouane, de la vallée de l'Ili, et surtout de celle de la Naourauze, où il forme de véritables montagnes;

Le sel de Glauber du lac Balkhach;

L'asbeste de Khoumbal-Ala, le marbre des montagnes.

Aug. LIÉVIN.

Gisements de plomb et de zinc du département de Constantine.

Dans cette région de l'Algérie, les *amas calaminaires* se rencontrent en grand nombre et constituent la majeure partie des mines exploitées.

Des gîtes *filoniens* de plomb ou de zinc ne se rencontrent guère que sur le littoral.

Les terrains encaissant les *amas* appartiennent au *jurassique* et au *crétacé*, quelquefois aux terrains tertiaires.

GITES FILONIENS. — 1° *Kabylie des Babors*. — La constitution de cette région est la suivante : des calcaires partiellement transformés en minerais de fer (lias) forment des monts abrupts de 500 à 1 000 m d'altitude et des îlots entourés de couches marneuses du crétacé, particulièrement du sénouien.

Le trias (facies lagunaire) s'y montre en plusieurs points.

Le gîte de plomb de *La Réunion* est une céruosite riche en argent, galène et traces de malachite; la couche mesure de 10 à 20 cm entre la roche éruptive et les sédiments.

Des études sont faites à Bou Meraou, Iril, Igrane et dans les Beni Seghoual, où, au sud d'une bande liasique, en falaise au bord de la mer, on peut suivre sur 1 500 m au milieu des marnes du sénouien, les affleurements d'un filon de galène, blende, pyrite et contenant du

carbonate de zinc jusqu'à 80 m au-dessous de la surface;

2° *Kabylie de Collo*. — Cette région est surtout occupée par des roches éruptives, gneiss et schistes métamorphiques. Le massif de *Cavallo* renferme des filons et amas de pyrite avec galène, et de chalcopryrite.

Près de l'Aïn Kechera sont des filons de blende, galène, céruosite, pyrite et chalcopryrite, mêlés de quartz et de débris de la roche encaissante (granulite et schistes). On a extrait 600 t de blende et 230 de galène de 1905 à 1907.

(A suivre.)

F. ROBIN.

STATISTIQUES

Production minière et métallurgique des Etats-Unis.

La production minière des Etats-Unis augmente, d'une façon générale, presque sans interruption. Pourtant, la crise de 1908 s'est fait sentir dans cet ordre d'idées comme dans beaucoup d'autres, mais depuis la progression a repris presque partout son cours régulier.

La production de la houille, qui avait atteint 352 millions de tonnes métriques en 1907, tomba brusquement à 307 millions en 1908, mais elle remonta à 333 en 1909 et a atteint en 1910 son maximum avec 366 millions de t. On sait que depuis longtemps, les Etats-Unis sont le premier producteur de houille, distançant de beaucoup l'Angleterre.

La production de l'antracite, qui était de 78 millions de tonnes métriques en 1907, est tombée à 73 en 1908, à 70 en 1909 et est remontée à 73 seulement en 1910.

Le minerai de fer a vu sa production tomber de 53 à 34 millions de tonnes métriques de 1907 à 1908; puis remonter à 53 000 000 t en 1909 et à 55 100 000 t en 1910. La fonte de fer a donné 26 200 000 t en 1907, 16 millions de t seulement en 1908, puis 25 900 000 t en 1909 et enfin 27 500 000 t en 1910.

La production du cuivre n'a cessé de prospérer, même pendant l'année de la crise. En effet, de 405 000 t la production de ce métal aux Etats-Unis s'est élevée à 430 000 t en 1908 et à 501 000 t en 1909. On a constaté cependant un léger fléchissement en 1910, avec 492 000 t. La production du globe étant de 863 600 t de cuivre, on voit que les Etats-Unis en fournissent à eux seuls plus de la moitié.

Le plomb, dont la production américaine était de 318 000 t en 1907, n'a donné que 290 000 t en 1908, mais ce métal a progressé ensuite au point de donner 337 000 t en 1909 et 365 000 t en 1910.

Le zinc est tombé, de 228 000 t en 1907, à 190 000 t en 1908, pour remonter ensuite à 242 000 t en 1909 et à 252 000 t en 1910.

L'or a donné aux Etats-Unis 136 000 kg en 1907, 145 000 kg en 1908, 150 000 kg en 1909, 144 000 kg en 1910. La production de l'argent a été de 1 735 000 kg en 1907, 1 610 000 kg en 1908, 1 692 000 kg en 1909, 1 745 000 en 1910.

Enfin, la production du pétrole est passée de 164 millions de barils (1 baril = 190 litres environ) en 1907 à 185 en 1908, pour s'abaisser légèrement à 182 millions en 1909, puis atteindre son maximum de 210 millions de barils en 1910.

Pour 1910, le principal Etat producteur de houille a été la Pensylvanie, avec 131 millions de tonnes; puis viennent la Virginie occidentale (54 millions de t), l'Illinois (45), l'Ohio (30).

Quant au pétrole, c'est la Californie qui en a donné le plus (74 300 000 barils), puis le Kansas et l'Oklahoma réunis (53 600 000 barils) et l'Illinois (35 millions de barils).

Le minerai de fer est produit surtout dans le bassin du lac Supérieur (44 100 000 t en 1910).

P. B.

(1) M. Privat-Deschanel a signalé récemment comme renfermant des gisements de guano exploitables actuellement au nord de l'Equateur, les îles Howland et Baker; au sud de l'Equateur, les îles Jarvis, Malden, Starbuck, Caroline, Souvarov (anglaises) et l'île Motinti (groupe des Marquises). Les gisements de phosphates sont également nombreux dans les îles du grand Océan. Les plus anciens exploités sont ceux de l'île Clipperton et de l'île Christmas; mais on en trouve encore aux îles Angaur (groupe des Palaos), Océan (à l'O. des Gilbert), Nauru (îles Marshall) et Makaka (îles Tuamotou). On évalue la teneur des gisements de phosphates de l'Océan Pacifique à 30 millions de tonnes.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES DES OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS

Chaufeur (L'A B C du), par H. MATHIEU, sous-ingénieur des mines, 2^e édition. — 1 vol. in-18 jésus de 247 pages avec 82 figures, 4 fr. (Béranger, éditeur. Paris, 1911.)

Ce petit livre est un excellent manuel d'enseignement professionnel. C'est véritablement un A B C, car l'auteur sait partir du commencement pour donner graduellement des notions pratiques en s'appuyant sur des connaissances élémentaires. Le public de praticiens auquel il s'adresse a reconnu qu'il était bien adapté à ses besoins en épuisant rapidement sa première édition. — G. B.

Cristallographie (Leçons de), par G. FRIEDEL, directeur de l'Ecole nationale des Mines de Saint-Etienne. — 1 vol. gr. in-8° de 310 pages avec 383 figures, 10 fr. (Hermann et fils, éditeurs. Paris, 1911.)

L'auteur, en publiant les remarquables leçons de cristallographie qu'il professe à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, n'a pas eu en vue d'écrire un traité complet sur cette science, mais plutôt de donner à de futurs ingénieurs les connaissances nécessaires à l'étude de la minéralogie. Il a divisé son cours en deux grandes parties : 1^{re} l'étude du cristal ; 2^e l'étude des édifices cristallins complexes et des transformations. La première partie comprend la cristallographie géométrique et la cristallographie physique. La seconde traite des modes de groupements et déformations, de l'isomorphisme et du polymorphisme. Les leçons exposées avec autant de méthode que de clarté seront utilement consultées, non seulement par ceux qui s'intéressent à l'art des mines, mais aussi par tous ceux qui désirent acquérir en minéralogie des connaissances précises, tels que les futurs ingénieurs-chimistes, les étudiants des Facultés, etc. — J. L.

Électricité industrielle (Cours municipal d'), par L. BARBILLON, professeur et directeur de l'Institut électrotechnique de l'Université de Grenoble. 2^e édition, avec la collaboration de MM. P. BERGERON, sous-directeur de l'Institut électrotechnique, et M. CLARET, chargé de conférences électrotechniques. T. II : **Courants alternatifs**. 2^e fascicule : **Transformateurs, Moteurs asynchrones, Couplage et Compoundage des alternateurs. Compléments**. — 1 vol. in-8° de 615 pages, avec 522 figures dans le texte, 14 fr. (L. Geisler, éditeur. Paris, 1911.)

Ce deuxième fascicule est consacré aux questions les plus importantes, parce que les plus nouvelles, de l'électrotechnique moderne. L'auteur, avec ses collaborateurs, a su apporter dans les études, très délicates, qu'il a consacrées aux moteurs asynchrones, aux transformateurs, etc., les qualités de précision et de netteté d'exposition qui ont acquis au savant électricien une réputation si méritée.

Les méthodes graphiques et vectorielles occupent une notable place dans l'ouvrage et les diagrammes consacrés aux moteurs à champ tournant sont l'objet d'applications à des exemples pratiques.

L'étude du **couplage des alternateurs** a provoqué l'apparition de théories nouvelles, propres à l'auteur, remarquablement plus simples que celles apportées jusqu'ici. Par une ingénieuse représentation vectorielle, le lecteur est amené à passer sans difficultés du cas d'un alternateur unique branché sur un réseau, à ceux plus complexes de deux ou plusieurs alternateurs en parallèle, grâce à la

notion nouvelle de l'alternateur de capacité double, dont le rôle serait équivalent à celui de deux machines accouplées. L'étude du balancement de chacun des alternateurs par rapport à cet alternateur de capacité double, ainsi que celle des possibilités de décrochage, sont rendues ainsi faciles à concevoir.

La question du compoundage des alternateurs fait l'objet d'une étude approfondie. A côté de l'examen des méthodes nouvelles proposées par divers ingénieurs, on trouvera en même temps qu'une théorie générale relative au compoundage de ces machines, une autre théorie nouvelle, donnée par l'auteur, des moteurs à collecteur à courant alternatif, théorie dans laquelle les résultats donnés par la pratique de ces moteurs se déduisent, pour ainsi dire logiquement, du mode d'étude adopté pour ceux-ci.

Par l'ensemble de ces questions, on peut se faire une idée de l'intérêt de l'ouvrage, qui constitue l'exposé complet et précis qui convient par excellence aux praticiens. — P. J.

La Géologie et ses phénomènes. Douze conférences, par G. EISENMENGER, docteur ès sciences. — 1 vol. in-8° de 320 pages, avec 70 gravures dans le texte et 18 hors texte; broché, 4 fr. (Pierre Roger et Cie, éditeurs. Paris, 1911.)

L'auteur rappelle les théories sur l'origine de la Terre, puis expose les phénomènes de la formation des roches : cristallisation, éruption, sédimentation, — les glaciers, — les transformations produites par les eaux, les volcans et la formation des montagnes, etc. Ce petit livre complètera utilement la collection d'ouvrages de vulgarisation sur la chimie, la physique, le machinisme, etc., fort bien accueillis par le grand public. — M. N.

La Menuiserie, par A. POUTIERS, professeur à l'Ecole des arts industriels d'Angers, 2^e édition. — 1 vol. in-16 de 401 pages, avec 150 figures, cartonné, 5 fr. (J.-B. Baillière et fils, éditeurs. Paris, 1911.)

L'auteur, après avoir résumé l'histoire de la Menuiserie à travers les âges, développe l'Art du Menuisier, la connaissance des bois, leur choix et leur appropriation aux différentes sortes de travaux : les préparations que l'on doit faire subir avant de les employer et enfin les opérations chimiques auxquelles on les soumet dans certains cas.

Il examine ensuite la **Menuiserie plane** en général, et résume l'Art du trait proprement dit, s'appliquant à toutes les parties de menuiserie où s'emploient les divers tracés.

La deuxième édition a été entièrement revue et mise au courant des progrès de la science. L'auteur termine par la description des machines-outils à travailler le bois. Ce manuel constitue un excellent précis de menuiserie, que consulteront avec fruit tous ceux qui s'intéressent aux arts manuels. — J. B.

La Métallurgie à l'Exposition universelle et internationale de Bruxelles de 1910 (Publication de *La Technique Moderne*), par Pierre BREUIL, chef honoraire de la section des métaux au Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers. — 1 vol. gr. in-4° de 124 pages, avec 247 figures, 15 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1911.)

Le travail que M. Breuil vient de publier n'est pas un simple exposé des appareils métallurgiques qui figuraient à l'Exposition de Bruxelles.

Une exposition présente en effet toujours des lacunes. L'auteur les a heureusement comblées à l'aide d'autres documents et notamment des travaux du Congrès de Dusseldorf. On trouvera dans ce livre l'indication des appareils et procédés les plus récents qui permettent d'obtenir les divers métaux et produits métallurgiques nécessaires à la consommation : fer, fonte, acier, alliages divers, cuivre, zinc, aluminium, antimoine, etc. Cet ouvrage est donc un tableau fidèle de l'état actuel de l'industrie métallurgique dans les divers pays à la fin de 1910. — L. G.

Mines (Manuel pratique d'exploitation des), par Arnold LUPRON, ingénieur, adapté de l'anglais par Daniel Bellet, professeur à l'Ecole des Sciences politiques, avec 562 figures dans le texte. — 1 vol. in-16 de 512 pages, cartonné toile souple, 10 fr. (Bernard Tignol, éditeur. Paris, 1911.)

Ce manuel sera précieux pour l'initiation des étudiants, des prospecteurs, des ingénieurs, des banquiers et des Compagnies financières, en un mot de tous ceux qui ont besoin de connaître les méthodes d'exploitation des mines.

Le traducteur a su présenter l'édition française avec précision et clarté, qu'accroît encore une illustration abondante et schématique. — F. C.

Télégraphie sans fil (Précis de) (Complément de l'ouvrage *Les Oscillations électromagnétiques et la Télégraphie sans fil*), par le professeur Dr J. ZENNECK, professeur de physique à l'Ecole technique supérieure de Brunswick. (Ouvrage traduit de l'allemand, par P. BLANCHIN, G. GUÉRARD, E. PICOT, officiers de Marine.) — 1 vol. in-8° de x-385 pages, avec 333 figures, 12 fr. (Gauthier-Villars, éditeur. Paris, 1911.)

Ce précis étudie, particulièrement en vue des applications, les questions de l'amortissement, des couplages, de la résonance et de la propagation des ondes le long de la surface terrestre, questions importantes qui n'ont été jusqu'ici qu'effleurées dans les ouvrages français relatifs à la télégraphie sans fil. — R. T.

Tabellarische Uebersicht der wichtigsten Kuepenfarbstoffe nach dem Stande des Jahres 1910, par MM. Eug. GRANDMOUGIN et BATTEGAY. — 1 vol. in-8°, 3 fr. 75. (M. J. Dreyfus, éditeur. Guebwiller, Alsace, 1911.)

Les colorants à cuve ont acquis, depuis une dizaine d'années, par suite de leur grande solidité, une importance qui va en croissant dans l'industrie de la teinture. Les données sur ces composés étant passablement disséminées et relativement peu connues, les auteurs ont réuni une série de documents sur ce sujet. On trouvera sous forme de tables, pour 84 de ces colorants, le nom commercial, la constitution chimique ou le mode de préparation, les brevets allemands, français et américains, les réactions et propriétés, ainsi que l'emploi en teinture.

Cet ouvrage rendra service à tous ceux qui, par profession ou par intérêt, tiennent à rester au courant des progrès réalisés dans l'industrie des matières colorantes. — G. E.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

La Technique Moderne

VERRERIE (INDUSTRIE DE LA)

LA FABRICATION DES GRANDES PIÈCES EN VERRE CREUX ET LES PROCÉDÉS MODERNES DE SOUFFLAGE DU VERRE

Bien que l'industrie du verre soit très ancienne, les procédés qu'elle a employés pour le façonnage de ses produits ont été longtemps bien rudimentaires. Des siècles se sont écoulés, pour ainsi dire, sans que des progrès bien sérieux aient été apportés au mode de travail primitif.

Le soufflage du verre qui remonte à une époque assez reculée, puisque l'on voit des souffleurs de verre dans les peintures des grottes de Beni-Hassan, en Egypte (1000 ans environ avant notre ère), est resté pendant longtemps le seul mode de façonnage, et l'on peut dire qu'il n'a reçu de perfectionnements que dans le courant du XIX^e siècle. Le coulage et le moulage n'ont été employés que beaucoup plus tard; nous ne nous occuperons pas, pour le moment, des améliorations qu'ils ont reçues dans ces dernières années, ainsi que l'étrépage.

Nous nous proposons d'examiner ici tous les différents types de façonnage du verre dans lesquels le soufflage intervient, en étudiant particulièrement ceux qui ont trait à l'obtention de pièces creuses de grande dimension ou qui mettent à contribution des dispositifs originaux encore peu connus.

On peut ramener les procédés proposés ou mis en valeur jusqu'à ce jour à un petit nombre de types, qui sont :

- 1° Le soufflage proprement dit, où l'action de l'air intervient seule;
- 2° Le soufflage combiné avec l'étrépage;
- 3° Le soufflage combiné avec l'action de la pesanteur;
- 4° Le soufflage combiné au pressage dans un moule;
- 5° Le pressage au moyen du vide, ou plus exactement de la pression atmosphérique.

Nous allons passer en revue quelques applications de ces procédés qui nous montreront le parti que l'on peut en tirer. Certains d'entre eux ont reçu la sanction de la pratique; aussi nous étendrons-nous plus spécialement sur ces derniers et principalement sur les inventions de Paul Sievert, qui, à la fin du XIX^e siècle, ont révolutionné l'industrie verrière.

I. — SOUFFLAGE.

Le soufflage, tel qu'on le pratique sans tour de main spécial, conduit à l'obtention de corps sphériques. On est donc obligé, quand on cherche à obtenir par soufflage un corps ayant une forme s'écartant de la sphère, comme celle du cylindre, de recourir soit à l'action de la pesanteur, soit à l'artifice d'un moule pour mener à bonne fin l'opération. Ces deux cas se présentent dans l'obtention du verre à vitres au moyen des manchons et dans la fabrication des bouteilles.

Pour fabriquer le verre à vitre, on commence par souffler une masse de verre, ce qui donne un corps ovoïde. En balançant alors la canne, puis soufflant, ce corps ovoïde se déforme en s'allongeant et prend la forme d'un cylindre terminé par une calotte sphérique à sa partie inférieure. Le cylindre, obtenu à la dimension voulue, est alors débarrassé de ses deux extrémités : la calotte qui le termine et la partie conique qui la rattache à la canne. Il suffit ensuite de le couper suivant une arête et de le développer sur une aire plane, en s'aidant de la chaleur, pour en faire une plaque de verre à vitres.

Le façonnage d'une bouteille nécessite un moule pour lui donner la forme de la partie cylindrique. On procédera un peu comme précédemment dans le début. La masse de verre cueillie au bout de la canne est légèrement soufflée, allongée un peu par l'action de la pesanteur, puis introduite dans un cylindre creux et soufflée. Elle sort de là avec le profil convenable. Il n'y a plus qu'à faire le cul en repoussant le verre du fond. La bouteille, fixée alors par le fond sur une canne, est garnie d'une cordelière de verre fondue à sa partie supérieure pour faire la bague. Ce procédé, tout simple qu'il est, est encore employé malgré les perfectionnements apportés à la forme des moules. On trouve des moules plus complets que ceux que nous indiquons et qui donnent un produit mieux conditionné puisqu'ils montent, en plus de la partie cylindrique, le cul et le col.

Nous laissons de côté cette question de même que celle de la fabrication des bouteilles à la machine, nous réservant d'y revenir plus tard. Notre intention n'étant présentement que de faire comprendre la fabrication.

La première idée de remplacer le soufflé de l'ouvrier par l'air comprimé est due à Robinet. Le *piston Robinet* se composait d'un petit cylindre en fer-blanc ou laiton de 3/4 cm à 40 cm de long sur 6 cm à 8 cm de diamètre, fermé par un bout, et dans l'intérieur duquel se trouvait un ressort à spirale. L'extrémité supérieure du ressort appuyait sur le fond du tube et l'autre sur un piston de bois, percé de part en part d'une ouverture centrale, garni de cuir et retenu à l'intérieur du tube par une fermeture à baïonnette. L'embouchure du piston étant mise exactement contre celle de la canne, on comprimait par une pression brusque l'air contenu dans le cylindre, qui se trouvait ainsi injecté avec force dans la masse de verre à façonner. Cette invention date de 1821; son emploi fut éphémère ou tout au moins peu répandu.

La pompe de Robinet, appareil bien primitif, qui permettait dans une certaine mesure de suppléer au soufflé de l'ouvrier, a donné le signal d'une évolution qui ne s'est accomplie que fort lentement. Il a fallu plus d'un demi-siècle pour passer de ce

compresseur insuffisant aux appareils plus puissants de l'industrie actuelle.

Pour arriver à suppléer complètement au soufflage par l'ouvrier, il est nécessaire de disposer d'une canalisation d'air comprimé et d'instruments convenablement agencés pour relier la canne à la conduite d'air. La première installation de soufflage de verre par l'air comprimé a été faite par MM. Appert, en 1878. Sous le nom d'*appareil universel*, les inventeurs ont combiné un dispositif très simple et commode à l'emploi. La table de travail comporte deux pédales qui font saillie au-dessus et qui commandent, par l'intermédiaire de tiges, un robinet d'arrêt automatique situé à la partie

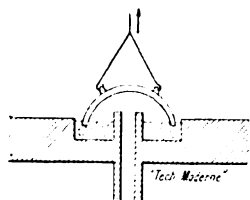


FIG. 1. — La calotte sphérique servant d'amorce est plongée dans le verre fondu.

supérieure. Le fait de presser sur l'une ou l'autre de ces pédales amène l'ouverture d'un robinet qui communique d'un côté avec le tuyau amenant l'air comprimé et de l'autre avec un tuyau flexible équilibré et reposant sur une poulie. Un manchon, dit manchon à souffler, permet le raccord de la canne avec le tuyau souple.

Grâce à ce dispositif, il est facile de souffler des pièces de dimensions considérables que l'on n'aurait pas pu obtenir avec le concours du souffleur. Ainsi on a soufflé, grâce à l'emploi de l'air comprimé, des sphères de 1^m,55 de diamètre dans lesquelles on peut découper 3 000 verres de montre.

Le procédé Appert de soufflage du verre par l'air comprimé n'a pas reçu l'accueil qui lui était dû et il n'a pas pris, dans l'industrie, la place que l'on aurait pu croire devoir lui revenir. L'ouvrier souffleur est encore employé en verrerie dans tous les cas où des modes de travail spéciaux ne sont pas exigés.

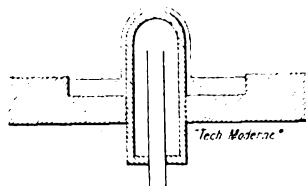


FIG. 3. — Variante du procédé précédent.

Nous n'avons que peu de choses à faire ressortir dans le procédé du soufflage proprement dit, car ce mode opératoire exige la plupart du temps le concours d'une autre action pour arriver au but proposé.

II. — SOUFFLAGE ET ÉTIRAGE.

Nous avons vu, dans le paragraphe précédent, que la fabrication du verre à vitres nécessite l'obtention d'un manchon. On a cherché par divers moyens à faire ce manchon sans recourir à un

ouvrier souffleur. Pease a eu l'idée d'étirer le manchon à partir d'un bain de verre fondu, tout en envoyant de l'air dans l'intérieur, de manière à conserver sa forme au cylindre qui se détache du bain de verre. Pour avoir un cylindre, il plonge dans le bain une calotte sphérique de verre qui sert d'amorce. Le verre fondu (fig. 1) s'attache aux bords de cette calotte, à laquelle on peut donner un mouvement ascensionnel au moyen d'une chaîne passant sur une poulie et qui vient s'accrocher à des anneaux

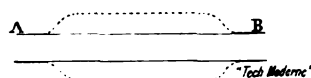


FIG. 4. — Le tube est animé d'un mouvement de rotation autour de son axe ; en injectant de l'air, il prend la forme indiquée par le pointillé.

l'orifice du tube amenant l'air comprimé débouche sous cette calotte. On fait arriver l'air avec une pression convenable pour éviter le rétrécissement ou l'élargissement du cylindre. Il est possible avec ce dispositif d'obtenir un cylindre de diamètre plus grand que celui de la calotte sphérique ; il suffit simplement, dès que le verre a commencé d'adhérer à la calotte, de soulever légèrement et de souffler de manière à avoir une augmentation de la calotte jusqu'au diamètre désiré. Ceci fait, on laisse monter le système et l'on a le cylindre à la section désirée (fig. 2).

La figure 3 nous montre une modification de ce mode opératoire. Ici on fait monter verticalement un piston, à travers du verre fondu, dont la surface se recouvre d'une couche de verre qui prend la forme de la surface de ce piston. Ce piston est creux, et par le tube creux qui y pénètre on peut faire arriver de l'air ou de l'eau pour opérer le refroidissement.

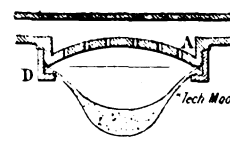
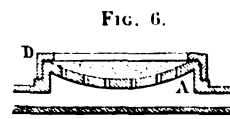


FIG. 6. — La couche de verre est appliquée.

FIG. 7. — Une fois la couche de verre fixée, on retourne le système et l'on souffle.

Par étirage du verre, on arrive maintenant à faire du verre à vitres. Ce sujet est assez important pour que nous le réservions ; du reste, il ne rentre pas dans notre cadre puisque le soufflage n'y intervient pas.

L'étrépage peut s'obtenir par rotation pendant le soufflage.

En partant d'une pièce en forme de tube, on arrive très bien à une autre pièce comme celle figurée en pointillés sur la figure 4. Les deux extrémités du tube sont alors fixées dans deux pièces métalliques que l'on peut faire tourner autour d'un même axe horizontal. Le soufflage aide

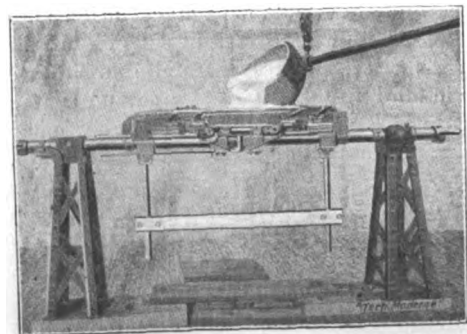


FIG. 8. — Soufflage combiné avec l'action de la pesanteur : coulage du verre sur la plaque de fer perforée.

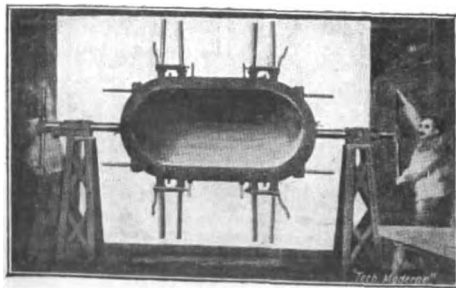


FIG. 9. — Fabrication d'une baignoire : la plaque avec le verre retenu aux bords est retournée.

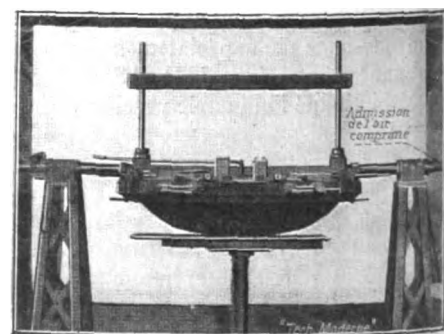
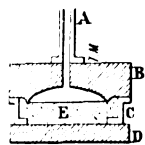


FIG. 10. — Fabrication d'une baignoire : le verre, par gravité, commence à "sucer", supporté par une table mobile.

par la force centrifuge donne alors la forme que nous figurons.

En combinant maintenant l'appareil, de manière qu'un des supports des extrémités du tube puisse subir un déplacement latéral dans le sens de l'axe AB du tube, on peut d'un cylindre de verre faire un objet tel que l'indique la figure 5.



III. — SOUFFLAGE COMBINÉ AVEC L'ACTION DE LA PESANTEUR.

FIG. 12. — La couche de verre est fixée dans le collier C et va être enlevée par la tête à souffler.

C'est à Sievert que l'on doit les plus grandes améliorations apportées à la verrerie dans

ces dernières années. Il est presque le seul, si ce n'est le seul, qui ait pensé et réussi à tirer un parti pratique de ces deux actions combinées avec un appareil mécanique.

L'Exposition de 1900 contenait, dans la Section allemande, d'intéressantes pièces obtenues par ce procédé, principalement des cuves en forme de calotte de verre et des baignoires. Nous allons en décrire la fabrication.

viens d'y appliquer, retourner le système et souffler (fig. 6 et 7).

Nous avons en A la plaque de verre percée de trous sur laquelle on coule du verre fondu. Ce verre prend l'état pâteux. On le maintient au moyen d'anneaux D. La plaque percée forme le dessus d'une boîte dans laquelle nous pourrions injecter de l'air tout à l'heure. Cette boîte peut tourner autour d'un de ses axes de symétrie et être retournée complètement, de manière à présenter en dessous la lame de verre. Une fois dans cette position, on fait agir l'air et le verre prend la forme qu'indique la figure 7.

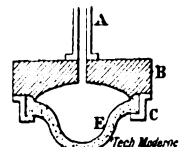


FIG. 14.

La fabrication d'une baignoire se conduit d'une manière analogue, avec cette différence qu'il faut lui donner un fond.

On coule le verre sur une plaque perforée (fig. 8) qui a cette fois une surface correspondant à la section de la baignoire ; sur

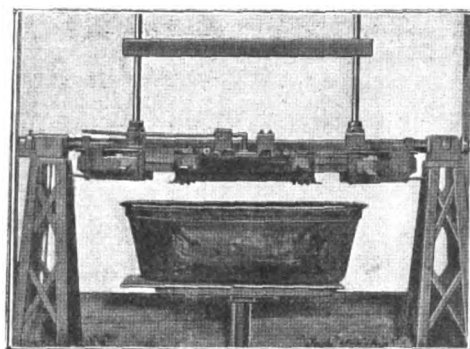


FIG. 11. — Fabrication d'une baignoire : soufflage terminé, corps délivré de la plaque et restant sur table mobile, la plaque ouverte.

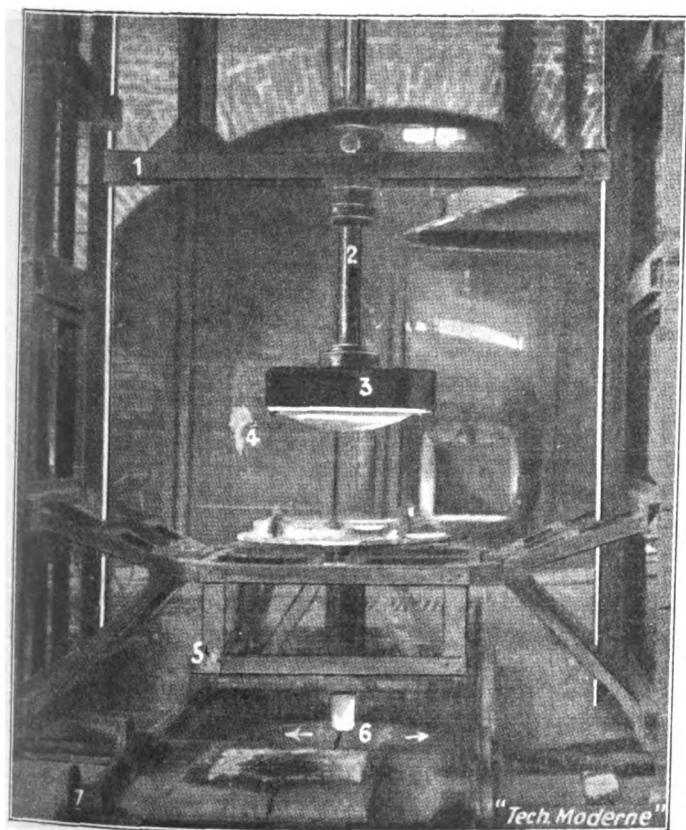


FIG. 13. — Soufflage mécanique du manchon dans la fabrication du verre à vitres. 1^{er} stade : Le verre a été coulé dans l'anneau mobile reposant d'abord sur une plaque de fer à couler portée par le chariot ; le chariot a été roulé dans la machine où l'électro-aimant s'est placé en descendant sur les bords de l'anneau ; l'électro-magnétisme y pénètre et, en se relevant, l'électro-aimant prend avec lui l'anneau mobile et la charge de verre, qui "sace" immédiatement par sa propre gravité, pendant que les bords de verre refroidis adhèrent à l'anneau.

Le principe de l'opération est des plus simples : placer du verre sur une plaque percée de trous, à travers lesquels on fera arriver de l'air comprimé, fixer sur cette plaque le verre que l'on

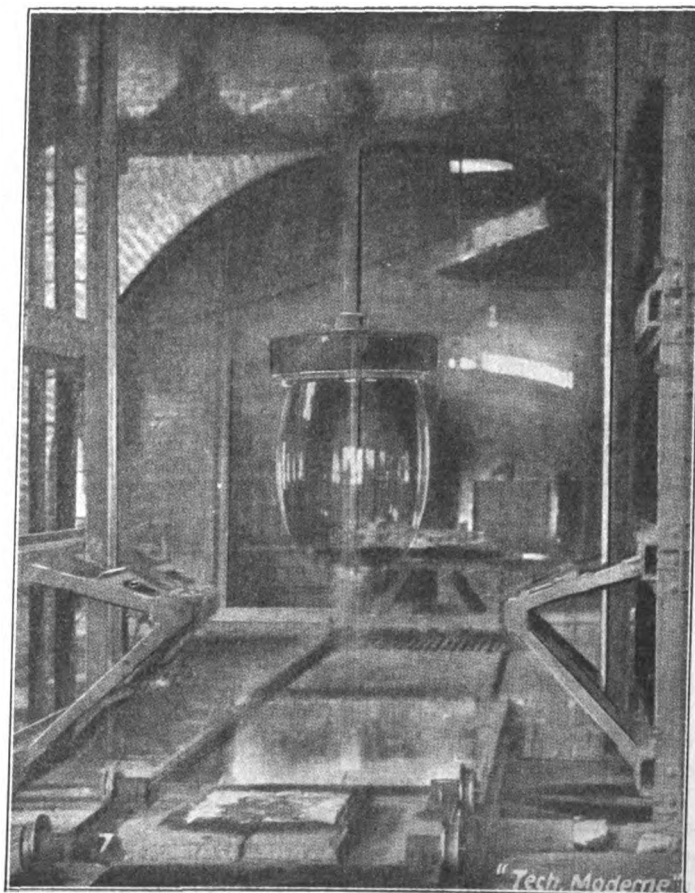


FIG. 15. — Soufflage mécanique du manchon dans la fabrication du verre à vitres. 2^e stade : le verre saçant a été réchauffé et soufflé pour la première fois, et cela en forme de corps sphérique. Un autre réchauffement de ce globe sous admission moins forte d'air comprimé étendra le corps en parois cylindriques pour verre à vitre. Au fond : chariot près du four pour recevoir une autre charge de verre ; pour les cylindres pour verre à vitre, toutes actions de soufflage se font en air libre, c'est-à-dire sans moule. En cas de fabrication de corps creux comme tels, on mettra l'électro-aimant en contact avec un moule à souffler, manipulé par le chariot. (Ce soufflage en moule se ferait à ce stade-ci.)

ce verre fondu, on applique une bande ovale qui vient fixer les

bords de la lame de verre, on retourne alors (fig. 9, p. 598) et on souffle. Le verre se gonfle, mais si l'on n'employait aucun artifice sa surface inférieure formerait une calotte. On a soin de faire monter, avant d'injecter l'air, une table à hauteur convenable (fig. 10, p. 598). Le verre vient alors s'étaler sur cette table, en formant le fond de la baignoire (fig. 11, p. 599).

Plus récemment, Sievert est parvenu à obtenir mécaniquement le soufflage du manchon nécessaire pour la fabrication du verre à vitres.

Au lieu de puiser du verre avec une canne, comme dans la fabrication du verre à vitre ordinaire, on commence par mouler un disque de verre que l'on maintient au moyen d'une bague, retenue par un électro aimant, au-dessous d'un plateau relié à une conduite d'air comprimé. La figure 12 (p. 599) montre la couche de verre E, assujettie par la cornière C, qui adhère au plateau B; l'air arrive par A. Cette pièce est maintenue par un bâti solide, qui permet de lui donner un mouvement ascensionnel et un mouvement de rotation. Pour faire un manchon, on commence par charger le moule de verre, ce moule ayant été préalablement chauffé, puis on l'amène à l'aide d'un chariot sous le plateau B. Une fois le disque de verre mis en place, la pièce D est enlevée avec le chariot. La figure 13 (p. 599) représente le moment précis où le chariot va être emmené: 1 est le cadre qui permet de donner un mouvement alternatif au système, 2 est le tube servant à l'arrivée de l'air, 3 est la tête à souffler, 4 le cadre mobile, 5 le chariot à couler, et 6 un tambour à feu inférieur nécessaire pour le réchauffage du verre. Ce tambour peut être fermé par des portes glissantes pour éviter les déperditions de chaleur. Le verre s'est refroidi pendant cette manœuvre, aussi descend-on tout le système

dans ce tambour pour réchauffer le verre. Le verre réchauffé se ramollit et tend à prendre la forme indiquée sur la figure 14 (p. 599); à l'aide de l'air comprimé, on aide ce mouvement du verre qui prend la forme ovoïde (fig. 15, p. 599). Un réchauffement et une soufflée nouvelle amèneront cet œuf à prendre la forme cylindrique allongée que nécessite le manchon (fig. 16). Maintenant que le manchon est terminé, on le saisit au moyen d'une fourche portée par un chariot et on interrompt le courant. Le manchon devient libre, puisque l'anneau qui le maintenait n'est plus adhérent, et on le transporte pour le poser sur un chevalet, sur lequel les coupeurs le fendront après l'avoir posé horizontalement.

Si l'on fait le compte du personnel que nécessite le nouveau procédé, on voit que pour desservir une machine produisant en vingt-quatre heures environ 1500 m² (la machine donne 450 manchons de 2^m.20 en vingt-quatre heures), il faut recourir à 3 mécaniciens et 20 manœuvres. Par le procédé des manchons, il faudrait, pour obtenir la même surface, 20 souffleurs, 20 grands gamins, 10 cueilleurs et 5 porteurs, soit 55 ouvriers.

Les avantages de ce procédé sont donc: l'abolition du soufflage à la canne, travail malsain et pénible et qui demande de plus des ouvriers exercés; la possibilité de fabriquer du verre partout où on le désirera, puisque l'on n'est plus tributaire de spécialistes et qu'on n'a plus à compter avec le climat; la sécurité dans l'exploitation du procédé, puisque toute la commande se fait à distance électriquement: la réduction du prix de revient et la régularité dans la fabrication.

(A suivre.)

A. GRANGER,

Professeur à l'Ecole de Céramique.
Chef des laboratoires d'essais de la Manufacture de Sèvres.



FIG. 16. — Fabrication d'un manchon soufflé de 0^m.90 de diamètre.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE

CALCULS DES COMPRESSEURS CENTRIFUGES

Toutes les machines rotatives, qu'elles soient réceptrices comme les turbines hydrauliques et à vapeur, ou génératrices comme les compresseurs et les pompes centrifuges, découlent d'un même principe: Absorber un travail mécanique pour faire passer un fluide d'un étage inférieur à un étage supérieur de pression, ou engendrer une énergie disponible en utilisant le fluide de l'étage supérieur à l'étage inférieur. Les organes essentiels des turbines sont le distributeur et la roue mobile; ceux des compresseurs et pompes centrifuges sont la roue mobile et le diffuseur.

Le distributeur détend le fluide de l'étage supérieur à l'étage inférieur et lui permet d'acquérir une vitesse et une direction pour actionner la roue.

Le diffuseur agit inversement; il détruit la vitesse du fluide, communiquée par la roue, et transforme son énergie cinétique en énergie potentielle, élève par conséquent le fluide d'un étage de pression.

C'est ce diffuseur qui, en somme, joue le rôle principal dans le

rendement de la machine, tout comme le distributeur dans une turbine; dans les compresseurs centrifuges, la transformation d'énergie doit se produire sans chocs, à régime continu, selon une trajectoire bien précise, raccordée avec celle parcourue par le fluide à travers la roue; c'est ainsi que l'élargissement des parois ne doit être, ni trop rapide, sinon la lame fluide se décollerait de la paroi, ni trop faible, car la vitesse du fluide ne pourrait décroître suffisamment et la transformation serait incomplète. Pour un type de ventilateur donné, il n'y a qu'une seule ouverture de diffuseur qui remplisse les conditions les plus favorables, et fournisse le rendement maximum du type. Cette ouverture doit naturellement correspondre à la marche normale de la machine. Nous désignerons par ouverture fixe O. l'ouverture du diffuseur, c'est-à-dire sa surface d'entrée; cette ouverture O restant invariable, toute modification dans le régime du ventilateur modifiera nécessairement l'angle d'entrée du fluide dans le diffuseur ainsi que la trajectoire: le rendement s'en trouvera affecté.

La figure 1 fera aisément comprendre ce qui se passe.

A la sortie de la roue mobile, le fluide est animé d'une vitesse absolue u , sensiblement égale à la vitesse périphérique de la roue, si les ailettes sont radiales, et prend la direction de la tangente,

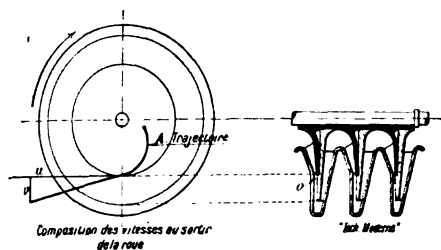


FIG. 1. — Schéma de la détermination de l'angle d'entrée α du fluide dans le diffuseur.

radiale de sortie V à la vitesse périphérique U , c'est-à-dire $\frac{U}{V}$; le rendement du diffuseur en est tributaire. Lorsqu'on dis-

pose des aubes fixes dans le diffuseur, leur direction doit naturellement coïncider avec l'angle d'entrée choisi, leur présence améliore le rendement, en marche normale; mais si le débit de la machine augmente, l'angle d'entrée se trouve modifié et le fluide, animé d'une grande vitesse, vient frapper le dos des ailes, provoquant des tourbillonnements, échauffant l'air, et la pression décroît rapidement en même temps que le rendement.

Nous avons tracé la courbe (fig. 2) des variations de vitesse du fluide à travers la machine, qui montre parfaitement la modification subite de vitesse qui se produit entre la sortie de la roue et le cheminement dans le diffuseur; il n'y a qu'un seul angle d'entrée qui permette, pour la dimension du diffuseur, de réduire la vitesse de l'air de 140 m à 50 m. Tout angle α plus grand augmenterait la vitesse finale et diminuerait la pression utile. Tout



FIG. 2. — Graphique des variations de la vitesse et de la pression du fluide à travers un ventilateur à trois roues.

mais la surface d'entrée du diffuseur modifiera aussitôt cette direction et déterminera l'angle d'entrée du fluide entre les plateaux du diffuseur. En somme, cet angle α dépend du rapport choisi de la vitesse absolue

angle α plus petit augmenterait les frottements, par conséquent élèverait la température, et réduirait le volume débité.

Le calcul des ventilateurs ne présente aucune difficulté,

mais, comme on peut le remarquer, des coefficients d'expériences ont besoin d'être connus pour tracer exactement leurs caractéristiques.

Dans les mines, pour faciliter l'étude des questions relatives à la ventilation, il y a longtemps déjà que M. Murgue a indiqué la notion de l'orifice équivalent appliqué à la sortie du ventilateur, c'est-à-dire la section de l'orifice en mince paroi qui débiterait, sous la même pression, le même volume d'air; on sait que, pour l'air s'écoulant par un orifice en mince paroi, la différence de pression d'une face à l'autre est proportionnelle au carré de la vitesse et le débit proportionnel à la vitesse; le rapport $\frac{Q}{\sqrt{H}}$ reste constant.

L'orifice équivalent se représente par :

$$O = \frac{Q}{\sqrt{2gH}}.$$

Cette valeur est homogène à une surface, puisque

$$\sqrt{2gH} = v.$$

C'est sur cet orifice équivalent que les ventilateurs de mines fournissent leur meilleur rendement; ces appareils comportent une volute de diffusion ou amortisseur, dans laquelle l'accroissement de pression est faible; aussi n'a-t-on pas à se préoccuper de

l'angle de sortie de l'air et la notion de l'orifice équivalent est suffisante pour l'établissement de l'appareil. Il n'en est pas de même pour les ventilateurs multicellulaires. Alors que, généralement, avec les compresseurs à piston, le degré de compression est obtenu en une ou deux phases, l'air, dans les ventilateurs multicellulaires, est soumis, successivement, à de nombreuses phases d'accélération et de ralentissement (20 phases environ par une pression de

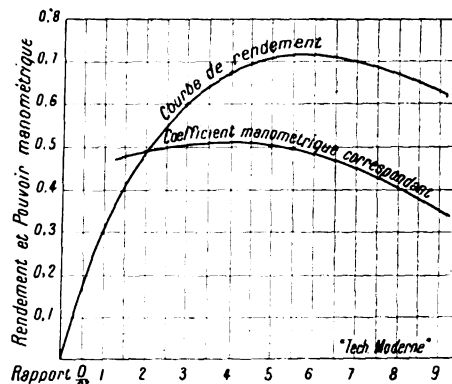


FIG. 3. — Courbes de rendement d'un type de compresseur centrifuge en fonction du rapport $\frac{O}{r^2}$.

se baser uniquement sur l'ouverture fixe O d'entrée du diffuseur pour tracer la courbe de rendement d'un type de ventilateur. Cette courbe est indiquée (fig. 3) pour un type de ventilateur multicellulaire en fonction de l'ouverture fixe réelle O , divisée par le carré du rayon, afin d'obtenir un coefficient numérique indépendant des dimensions de la machine. Nous posons :

$$\varphi = \frac{O}{r^2},$$

nous avons également tracé le coefficient manométrique favorable k .

L'élévation de pression obtenue par un élément, si la machine était considérée sans frottements et si le rendement était égal à l'unité, serait :

$$\frac{\partial \times u^2}{g} = H.$$

En réalité, on a :

$$H = \frac{\partial \times u^2}{g} \times k.$$

On a donc :

$$k = \frac{gH}{\partial u^2}.$$

M. Rateau, antérieurement dans son traité sur les Turbomachines, a déjà expliqué avec une clarté remarquable l'intérêt des coefficients caractéristiques pour ces sortes de machines, mais nous devons dire qu'à notre avis, seul le coefficient d'ouverture fixe O , tel que nous venons de le décrire, caractérise réellement la valeur d'un type; le rendement se trouvera toujours modifié si,

pour une ouverture constante $\frac{Q}{\sqrt{2gH}}$, la vitesse u de la roue mobile varie, puisque l'angle d'entrée, dans le canal diffuseur, se trouvera modifié, sa section d'entrée étant invariable.

DÉBIT, PRESSION. — Le débit Q est le nombre de mètres cubes entrant dans la machine en une seconde; ce débit peut varier en modifiant l'ouverture sur laquelle elle travaille et, en même temps, la pression variera inversement; la pression d'un élément est obtenue partiellement dans la roue et complétée dans le diffuseur; nous avons déjà indiqué la part de pression due à la roue et celle due au diffuseur (1).

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 5, mai 1911, p. 261.

La pression totale est :

$$H = \frac{\delta \times \bar{u}^2}{g} \times k.$$

Si le fluide est incompressible et conserve une densité constante, dans le cas des pompes centrifuges, chaque élément fournira une même élévation de pression et la pression totale sera la somme des pressions partielles.

Si, au contraire, comme dans les ventilateurs multicellulaires, le fluide est compressible, la densité de l'unité de volume augmentera proportionnellement à la pression, et l'élévation de pression produite par élément sera proportionnelle à la densité, donc proportionnelle à la pression elle-même si la température ne varie pas. La pression totale croîtra suivant une progression géométrique.

Rendement mécanique. — La puissance T transmise est absorbée :

- 1° En travail T_u représentée par le débit et la pression d'une masse de fluide ;
- 2° En frottements de ce fluide en traversant la machine ;
- 3° En frottements de l'arbre sur les paliers.

Le rendement mécanique ρ de la réceptrice est donc :

$$\rho = \frac{T_u}{T}.$$

Pour la compression adiabatique, les frottements du fluide traversant la machine se retrouvent intégralement en chaleur par une augmentation de température. Dans le cas de compressions élevées, il y a donc intérêt à refroidir, par une circulation d'eau, chaque élément de compression, afin de réduire l'élévation de température due aux frottements et de se rapprocher de la compression isothermique.

La figure 4 représente le travail théorique en kilogrammètres dépensé pour comprimer adiabaticquement et isothermiquement

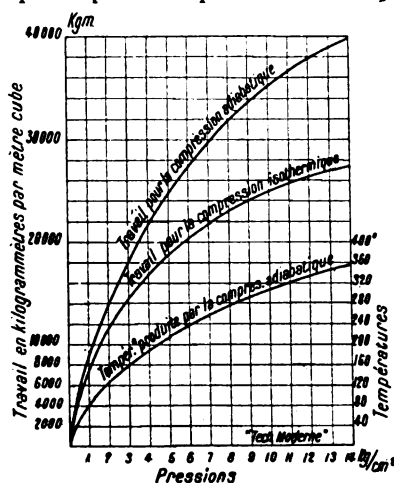


FIG. 4. — Courbes du travail théorique de la compression adiabatique et isothermique d'un mètre cube d'air.

1 m³ d'air. Nous avons également tracé les températures correspondant à la compression adiabatique. Evalué en calories, le rendement devient :

$$\rho = \frac{Q_u}{Q}.$$

Q_u étant le travail T_u représenté en calories ;

Q , la puissance fournie à la réceptrice représentée en calories.

L'examen de ces courbes montre l'importance de l'élévation de température que prend l'air quand on le comprime adiabaticquement à des pressions assez élevées. Si l'on fait abstraction de la température pour ne s'occuper que du travail dépensé pour amener l'air à une pression déterminée, on reconnaît qu'il faut plus de travail pour comprimer suivant l'adiabatique que pour comprimer suivant l'isotherme, et la différence de travail croît avec la pression.

Pour la compression adiabatique, on a :

$$\bar{\epsilon} = \delta \times 425 (T - T_0) \text{ cp.}$$

On sait que :

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}.$$

Fournissons un exemple : Cherchons quel est le travail dépensé en kilogrammètre pour comprimer 1 m³ d'air à la pression de 1 540 mm d'eau.

On a

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{1540}{1000} \right)^{0,39} = 1,134.$$

En supposant une température ambiante de 15°, on obtient :

$$T = (278^\circ + 15) \times 1,134 = 326,6$$

et

$$\bar{\epsilon} = 1,295 \times 425 (326,6 - 288) \times 0,2375 = 5045 \text{ kgm.}$$

Si le ventilateur débite 11 m³,8 par seconde, comme certains

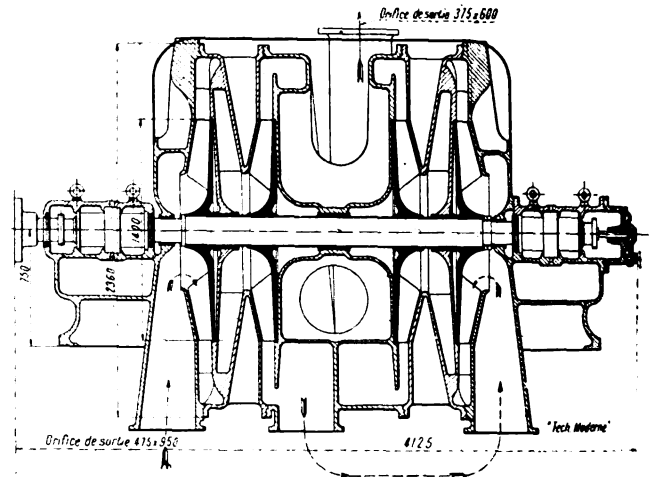


FIG. 5. — Coupe d'un compresseur centrifuge pour soufflerie de haut fourneau débitant 11 m³,8 par seconde à la pression de 1540 mm d'eau en absorbant 1125 HP.

ventilateurs soufflant de hauts fourneaux, et si le rendement de l'appareil est de 70 %, la puissance à fournir sera :

$$T = \frac{5045 \times 11,8}{0,70 \times 75} = 1125 \text{ HP.}$$

Telles sont les conditions du ventilateur représenté en coupe par la figure 5.

Pour la compression isothermique, on a :

$$\bar{\epsilon} = p_0 v_0 L_n \frac{p}{p_0};$$

p_0 et p sont les pressions absolues d'aspiration et de refoulement en kilogrammes par centimètre carré, V_0 le débit d'air en mètres cubes par heure.

Le rendement devient alors :

$$\rho = \frac{p_0 v_0 L_n \frac{p}{p_0}}{2,7 T}.$$

T étant le travail moteur effectif en chevaux.

CALCUL DE L'ARBRE. — Une discussion a été ouverte à l'effet de savoir si, pour les arbres de ventilateurs multicellulaires, tournant à grande vitesse, il convenait d'employer l'arbre flexible ou l'arbre rigide. A notre avis et selon l'usage que nous avons fait des deux, chacun offre des avantages, selon les cas : pour les ventilateurs à débit faible et à pression élevée exigeant une grande vitesse de rotation, l'arbre flexible s'impose, parce que la section de l'ouïe d'entrée et le diamètre de la roue sont nécessairement réduits ; lorsqu'il s'agit de débits importants, le rapport de la section de l'arbre à la section de l'ouïe devient

négligeable et l'arbre rigide offre plus de sécurité; le choix dépend donc d'une pure question de construction.

CALCUL DU DIAMÈTRE D'UN ARBRE A SECTION CONSTANTE. — Considérons (fig. 6) un arbre AB, chargé en C du poids P.

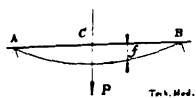


FIG. 6.

A l'état statique sous l'influence de ce poids, l'arbre prend une flèche f et, en tournant, cette flèche donne une force centrifuge égale à $\frac{Pv^2}{gf}$ qui tend à faire fléchir l'arbre. Pour ramener cet arbre suivant la droite ABC, nous devons lui appliquer une force de redressement proportionnelle à la flèche f .

La flèche f ayant été produite par le poids P, la force de redressement sera P, et l'on aura :

$$\frac{Pv^2}{gf} \leq P \quad \text{ou} \quad \frac{v^2}{fg} \leq 1.$$

En remplaçant V par sa valeur $\frac{\pi fu}{30}$, on obtient :

$$\frac{\pi^2 f n^2}{900 g} \leq 1.$$

Or, $f = \frac{Pl^3}{KEI}$, K étant un coefficient dépendant du mode d'appui.

En remplaçant f par sa valeur, on a :

$$\frac{\pi^2 Pl^3 n^2}{KEI 900 g} \leq 1;$$

or :

$$I = \frac{\pi d^4}{64}.$$

Donc :

$$d^4 \geq \frac{\pi 64}{E 900 g} \cdot \frac{Pl^3 n^2}{K}$$

et

$$D = 0,00582 \sqrt{n \sqrt{\frac{Pl^3}{K}}}.$$

NOMBRE DE TOURS CRITIQUE D'UN ARBRE CONNAISSANT SA FLÈCHE. — De la formule

$$\frac{\pi^2 f n^2}{900 g} = 1$$

on déduit :

$$n^2 = \frac{900 g}{\pi^2 f};$$

d'où :

$$n = 945 \sqrt{\frac{1}{f}};$$

d = diamètre de l'arbre en millimètres; n , nombre de tours par minute; P, poids en kilogrammes; l , longueur de la portée de l'arbre en millimètres; f , flèche de l'arbre en millimètres.

CALCUL GRAPHIQUE DES FLÈCHES D'UN ARBRE REPOSANT SUR DEUX APPUIS (fig. 7). — Le calcul des flèches par la statique graphique offre de nombreux avantages, si ce n'est celui d'offrir plus d'exactitude en exécutant soigneusement le tracé; par le calcul, étant donné qu'il y a de nombreuses décimales, il faut prêter plus d'attention pour arriver au résultat.

Pour obtenir la ligne élastique d'un arbre dans n'importe quel

cas, on détermine tout d'abord la surface des moments fléchissants que l'on divise en un certain nombre d'éléments (1, 2, 3, ... 12), en prenant soin de faire correspondre une division à chaque variation du moment d'inertie de l'arbre. On applique ensuite au centre de gravité (1, 2, 3, ... 12) de chaque élément

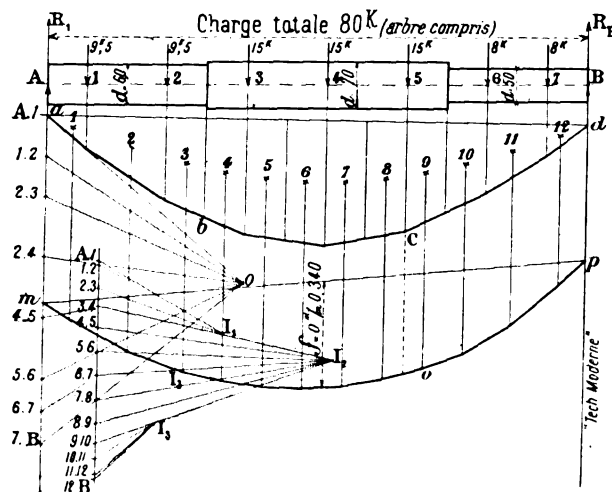


FIG. 7. — Calcul graphique d'un arbre reposant sur deux appuis.

des forces proportionnelles aux aires de chacun d'eux et on trace le polygone funiculaire mop correspondant à ces forces.

Le polygone des forces A, I, B est obtenu en portant sur une verticale AB les différentes forces proportionnelles aux aires de chacun des éléments du diagramme des moments fléchissants, et en prenant comme distance polaire le produit EI du coefficient d'élasticité par le moment d'inertie; chaque fois que l'arbre change de moment d'inertie, le pôle correspondant doit également se déplacer. Les points de tangence tels que O du polygone funiculaire à la ligne élastique, correspondent aux points de division des éléments de la surface des moments fléchissants. Le nombre de tours critique de cet arbre sera :

$$n = 945 \sqrt{\frac{1}{0,0340}} = 5\,000 \text{ t/m.}$$

De nombreux cas de calculs d'arbres peuvent également se présenter : celui d'un arbre encastré à une extrémité, d'un arbre reposant sur plusieurs appuis, etc., dont le tracé graphique facilite singulièrement la compréhension.

CALCUL D'UN ARBRE FLEXIBLE. — On appelle arbre flexible, pour une machine rotative, un arbre qui passe successivement par plusieurs vitesses critiques avant de tourner à son régime normal. Lorsque l'arbre passe par une vitesse critique, il prend un mouvement oscillatoire dont l'amplitude pourrait amener la rupture, si elle dépassait la limite élastique; le régime normal de vitesse d'un arbre doit être situé entre deux vitesses critiques. Pratiquement, l'amplitude d'oscillation est limitée par des bagues en bronze fixes dans lesquelles tourne l'arbre. M. Stodola en a fourni la démonstration :

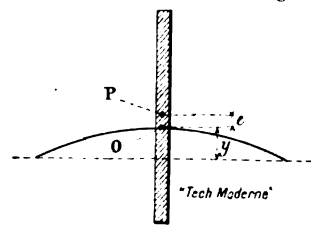


FIG. 8.

Supposons (fig. 8) un disque calé excentriquement sur son arbre de la valeur e . Sous l'effet de la force centrifuge, l'arbre fléchit d'une quantité y . Il s'établit un état d'équilibre relatif dans lequel la force centrifuge $m(y + e)\omega^2$ est égale à la force antagoniste F de l'arbre, qui est proportionnelle à la flèche. Soit α le

facteur de proportionnalité dont la valeur dépend de la nature des appuis, de la longueur de l'arbre, etc.

$$F = \alpha y,$$

et par suite :

$$m(y + e)\omega^2 = \alpha y,$$

d'où résulte :

$$y = \frac{me\omega^2}{\alpha - m^2\omega^2}.$$

La flèche croît avec ω ; pour la valeur particulière :

$$\omega_c = \sqrt{\frac{\alpha}{m}},$$

y devient infini, c'est-à-dire la force centrifuge fléchit l'arbre jusqu'à la rupture. La valeur ω_c est la vitesse angulaire critique

Ch. LEMALE,
Ingénieur civil.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

SUR LE TIRAGE RATIONNEL DES GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

Le problème de la fourniture d'une quantité d'air convenable au foyer d'un générateur est malaisé à exposer, parce qu'il conduit à des raisonnements qui s'appuient sur la dynamique des gaz, c'est-à-dire sur des phénomènes non seulement peu connus, mais encore peu faciles à interpréter clairement.

Le but du tirage consiste essentiellement à mettre en contact dans le foyer, avec un poids de charbon déterminé, un poids d'air tel que la combustion soit aussi parfaite que possible. En général, les allures de marche étant variables, la seconde condition essentielle que devra remplir un dispositif de tirage sera d'être réglable, de façon à maintenir un rapport constant entre le poids du combustible et le poids d'air nécessaire au maintien de la combustion parfaite, et si possible automatiquement.

Nous nous proposons d'étudier, au point de vue de cette double qualité, les méthodes de tirage les plus usuelles, c'est-à-dire : le tirage naturel par cheminée, et le tirage artificiel soit par ventilateur, soit par éjecteur, celui-ci pouvant être à vapeur ou à air sous pression.

I. — LE TIRAGE NATUREL.

Pourquoi le tirage par cheminée est-il irrationnel ? — La cheminée en briques maçonnées réunit tous les inconvénients sans présenter aucun avantage, pas même (aujourd'hui où les bonnes combustions assurent la fumivoricé) celui de permettre l'évacuation des fumées à une grande hauteur, qui était sa seule condition raisonnable d'existence.

Au nombre des inconvénients, on peut citer :

1° Un mauvais rendement mécanique résultant aussi bien de son principe de fonctionnement que du fait des rentrées d'air par les fissures ;

2° Un mauvais rendement manométrique résultant de ce que les conditions de stabilité exigent le rétrécissement de la section de la base au sommet, ou tout au moins la conservation d'une section cylindrique uniforme, alors que les conditions d'évacuation des gaz, assurant la plus faible perte de charge possible, conduisent à des conditions exactement contraires ;

3° Une instabilité de la dépression, celle-ci variant suivant la température et suivant les conditions atmosphériques ;

4° Une limitation trop rapide des dépressions qu'on peut produire ;

5° Enfin un poids, un encombrement, et un coût élevés, ce qui peut devenir parfois très onéreux lorsqu'il faut procéder à des fondations importantes.

Les cheminées en tôle réduisent quelques-uns de ces inconvénients, notamment ceux qui résultent du coût et de l'encombrement exagérés, et ceux des rentrées d'air. Bien mieux, il est

facile de construire en tôle une cheminée conique évasée, facilitant l'évacuation des gaz.

Nous nous expliquons difficilement la prévention d'un grand nombre d'industriels contre les cheminées en tôle. Cette prévention est d'autant plus inexplicable que les cheminées en tôle ont été essayées depuis longtemps, notamment en Amérique, où l'on peut voir des cheminées de ce genre ayant trente ans d'usage et encore en parfait état.

À condition d'employer de la tôle d'acier d'au moins 8 mm d'épaisseur, et de procéder à un entretien convenable, par réfection de la peinture au moins tous les trois ans, la sécurité est absolue, et l'on bénéficie d'avantages qui ne sont pas négligeables si l'on considère que les poids respectifs sont de 1 pour la tôle, et 8 pour la brique, et que les prix sont en général dans le rapport de 1 à 2.

Pour en revenir aux conditions techniques de fonctionnement du tirage par cheminée, les deux principales critiques qu'il comporte sont les suivantes :

- 1° Fonctionnement anti-économique ;
- 2° Irrégularité et manque d'élasticité de la dépression.

Rendement déplorable de la cheminée. — Une cheminée est, si l'on veut, une sorte de ventilateur à action directe fonctionnant par le fait de la dilatation des gaz. Son rendement mécanique est très mauvais et il est facile de le démontrer.

Dans une cheminée, la dépression résulte de ce que la colonne des gaz chauds à l'intérieur est plus légère que la colonne d'air à l'extérieur, et la valeur du tirage ou dépression est égale à la différence de poids entre ces deux colonnes, c'est-à-dire dépend à la fois de la différence de température et de la hauteur.

Ainsi, la température de l'air étant de 25°, celle des gaz de 300°, la hauteur de 40 m, la dépression aura pour valeur, en admettant que la densité des produits de la combustion soit la même que celle de l'air, ce qui est pratiquement vrai :

Poids du mètre cube d'air à 25°	kg	1,1842
Poids du mètre cube de gaz à 300°	kg	0,6153
Dépression pour 1 m.	kg	0,5689
Dépression pour 40 m.	kg : m²	22,756

Soit (le poids d'une colonne d'eau de 1 m² de surface et de 1 mm de hauteur, étant exprimé en kilogrammes) une dépression de 22,75 mm d'eau.

Dans une installation fonctionnant dans les meilleures conditions (12 % d'acide carbonique dans les fumées, soit 13 m³ d'air par kilogramme de charbon), les gaz sortent de la chaudière à 250° ou 260° et de l'économiseur à 110° ou 120°, de sorte qu'on peut admettre, dans la cheminée, une température moyenne.

c'est-à-dire celle qui participe au tirage, ne dépassant pas 100°.

Dans ces conditions, le calcul indique que la consommation de chaleur pour chauffer les gaz est de 4 1/2 % environ de la quantité de chaleur qui a été produite au foyer.

Cette perte est minimum et inévitable. Elle correspond à un tirage de 0,15 mm d'eau par mètre, soit, pour une cheminée de 50 m, 7,5 mm d'eau.

On peut donc dire que le tirage naturel, jusqu'à cette limite, fonctionne gratuitement. Mais, au delà, il faudra employer des calories pour échauffer les gaz, et par conséquent ces calories employées à produire la dépression seront perdues pour la vaporisation.

Si, par exemple, avec la même cheminée de 50 m, on veut produire une dépression de 30 mm d'eau, il faudra que les gaz aient une température moyenne de 330°, ce qui, pour les mêmes conditions optima de marche (12 % d'acide carbonique dans les fumées), correspond à une perte de 18 %.

Ainsi, pour déplacer 13 m³ d'air par kilogramme de charbon, sous une dépression de 30 mm d'eau, il a fallu dépenser (le kilogramme de charbon étant supposé donner 8000 calories) 1440 calories, et, en défalquant le bénéfice du tirage gratuit (7,5 mm d'eau) dont nous avons parlé, la consommation de calories uniquement en vue du tirage apparaît donc égale à :

$$1\,440 - 360 = 1\,080 \text{ calories,}$$

soit, avec un rendement global de 7 % pour la chaudière et le moteur à vapeur (60 % pour le générateur, 12 % pour la machine), un travail dépensé de :

$$1\,080 \times 0,07 \times 425 = 32\,130 \text{ kgmt}$$

pour un travail utile de $22,5 \times 13 = 293 \text{ kgmt}$. Le rendement est inférieur à 1 %.

Or, un ventilateur, pour déplacer 13 m³ d'air sous une dépression de 30 — 7,5 = 22,5 mm d'eau, exigera, avec un rendement mécanique de 50 %, un travail effectif de :

$$\frac{22,5 \times 13}{0,5} = 585 \text{ kgmt.}$$

En un mot, le ventilateur absorbera 55 fois moins de puissance que la cheminée, à égalité d'effet utile.

On comprend maintenant pourquoi la cheminée n'est pas un organe économique, et pourquoi dans les mines, par exemple, on a abandonné depuis longtemps l'ancienne méthode d'aérage par foyer pour la remplacer par des ventilateurs mécaniques, bien que les puits constituent d'immenses cheminées toutes trouvées.

Incompatibilités pratiques. — Non seulement avec la cheminée la dépression est coûteuse, comme nous venons de le démontrer, mais elle manque également d'élasticité, ce qui est un point très important dans les applications pratiques aux foyers ; le registre n'est qu'un organe bien imparfait à ce point de vue, car il faut prévoir des cheminées beaucoup plus fortes qu'il n'est nécessaire *en moyenne*, afin de pouvoir produire les dépressions *mazima* dont on peut avoir à faire usage à un moment donné.

D'autre part, il y a antagonisme entre la marche économique de l'installation et les dimensions de la cheminée ; plus la marche sera satisfaisante, c'est-à-dire plus les gaz seront froids, plus on sera amené à construire des cheminées hautes et coûteuses.

Nous venons de dire que, dans une installation bien menée, les gaz à la cheminée possèdent une température voisine de 100°. Or, on peut dire que l'on absorbe, pour une allure de combustion

usuelle (soit 80 à 90 kg par mètre carré de grille et par heure), les différentes dépressions suivantes en moyenne :

Pour le passage de l'air à la grille.	5 mm environ.
Pour le passage des gaz au travers du	
générateur	10 —
Pour le passage du carneau	2 —
Pour le passage de l'économiseur	3 —
Soit, au total	20 mm environ,

au moins nécessaires, au pied de la cheminée.

Étant donné que la température extérieure, en été, atteint 40°, on conclut que, pour assurer le fonctionnement normal, en toutes saisons, avec une température de 100° à la cheminée, il faudrait une cheminée de 100 m !

Encore, ne tenons-nous pas compte de la perte de charge assez importante dans les cheminées rétrécies, qui fait que la dépression effective est sensiblement inférieure à la dépression théorique.

Cette influence de la température extérieure est d'ailleurs moins négligeable qu'on le croit : le tirage un jour d'été à 40° sera *moitié moindre* de celui d'un jour d'hiver à — 10°.

Si l'on ajoute l'effet des rentrées d'air, des coups de vent, la répercussion des manœuvres des registres voisins, etc., on voit, ce que démontrent d'ailleurs les diagrammes relevés par les enregistreurs, que la dépression est constamment variable irrégulièrement, ce qui ne permet pas de faire un réglage convenable des conditions de fonctionnement du foyer.

En résumé, le tirage naturel est très médiocre au point de vue technique, insuffisamment élastique au point de vue pratique, et trop coûteux au point de vue économique.

Il ne permet pas de forcer l'allure de combustion, et s'oppose au bon rendement thermique du générateur, en ce sens qu'il exige une température élevée à la cheminée, ou alors devient trop onéreux, en ce sens qu'il exige une hauteur de cheminée exagérée.

II. — LE TIRAGE PAR SOUFFLERIE A VAPEUR.

Après le tirage naturel par cheminées, le moyen le plus employé pour fournir de l'air au foyer, est la soufflerie à vapeur ; elle est d'installation facile, et relativement peu coûteuse. Malheureusement, on doit lui adresser le reproche d'être d'un très faible rendement comme déplaceur d'air, d'un rendement aussi faible que la cheminée.

Théorie des souffleries à éjecteur. — Le mauvais rendement d'un éjecteur à vapeur est imputable à la perte en détente, considérable dans ces appareils tels qu'ils sont usuellement construits. Le principe de fonctionnement des éjecteurs est celui de la transformation de l'énergie de mouvement communiquée par le jet de fluide moteur en une dépression statique créant l'appel d'air.

La théorie des éjecteurs est très compliquée. Les travaux classiques sur cette question sont ceux de Glépin (1844) sur des trompes destinées à la ventilation des mines, puis de Nozo et Geoffroy (1863) sur les appareils de tirage des locomotives. Ces expériences ont été analysées par Ser, qui en a déduit une formule pour le calcul des éjecteurs. M. Rateau a repris la question et a établi (*) une théorie générale de ces appareils ; toutefois, cette théorie n'est applicable qu'au cas de fluides non élastiques, dont la densité ne varie pas sensiblement durant le passage à travers la trompe. C'est dire que si elle est encore applicable aux souffleries à air comprimé sous faible pression, elle ne l'est plus que très approximativement au cas des souffleries à vapeur, où il faudrait tenir compte à la fois de la condensation de la vapeur

(1) *Revue de Mécanique*, septembre 1900.

et de la diminution de densité de l'air entraîné résultant de l'élévation de température.

Le fonctionnement de l'éjecteur est basé en principe sur l'entraînement, par frottement mutuel des couches d'air voisines, d'un jet de fluide s'échappant d'un orifice.

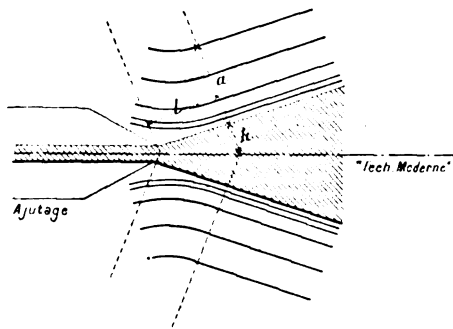


Fig. 1. — Théorie de l'éjecteur.

faible au fur et à mesure qu'on s'éloigne du faisceau original, par l'effet des pertes en frottements moléculaires.

La théorie mathématique de ce problème résiderait dans la solution de l'intégrale :

$$\int_r^{t_0} \pi(a+h)^2.$$

Cette expression implique la connaissance de a , c'est-à-dire du rayon de la zone influencée, dont le déterminant essentiel est la viscosité de l'air ou du fluide aspiré; or, les données expérimentales sur ce point sont extrêmement vagues.

Sans rentrer dans des considérations techniques superflues, la simple réflexion indique que le jet donnant le meilleur entraînement sera celui qui offrira la plus grande surface de contact entre le fluide moteur et l'air entraîné. Or, ce contact dépend, non seulement de la forme de l'ajutage, mais encore du rapport des volumes des deux fluides, moteur et aspiré.

Plus le volume et la surface de contact seront grands, meilleur sera le rendement; d'où l'on déduit, *a priori*, que les souffleries à air sous faible pression (quelques centimètres d'eau) doivent atteindre un rendement beaucoup plus considérable que les souffleries qui travaillent à pression relativement élevée (jusqu'à 3 kg en pratique), c'est-à-dire avec un faible volume et une grande vitesse d'écoulement. De même un ajutage annulaire ou cruciforme sera plus efficace qu'un simple ajutage à section cylindrique.

Rendement mécanique d'un éjecteur. — Considérons d'un peu plus près les facteurs du rendement d'un éjecteur. Nous distinguons (fig. 2) dans une trompe, les organes essentiels suivants :

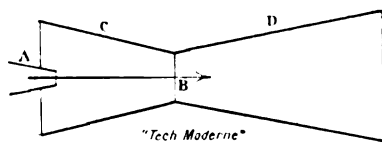


Fig. 2. — Position des organes.

A, l'ajutage; B, l'étranglement; C, le convergent; D, le divergent, encore appelé diffuseur.

La nécessité d'un rapport convenable entre la section et l'ajutage et celle de l'étranglement est facile à montrer :

Prenons une chambre de large section, un carneau, un cendrier (fig. 3); si nous mettons dans cet espace un jet de vapeur, sans autre forme de procès, l'effet produit sera à peu près nul : la section du conduit est tellement grande par rapport à la section de la buse qu'il n'y a pas de mouvement sensible d'entraînement. Tout se passe à peu près comme si l'on ouvrait un robinet de vapeur à l'atmosphère.

Si nous plaçons maintenant ce jet de vapeur à l'intérieur d'un tube de petit diamètre a (fig. 4), il y a, cette fois, entraînement sensible.

L'effet cherché est produit, mais avec un très mauvais rende-

ment, parce que la détente du faisceau de gaz aspiré se fait en pure perte, et n'est pas utilisée pour transformer l'énergie cinétique en pression. Ce dernier rôle échoit au divergent, dont on conçoit ainsi toute l'importance.

La distance entre l'étranglement et l'ajutage possède une certaine influence, de même que le rapport de section entre cet ajutage

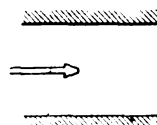


Fig. 3.

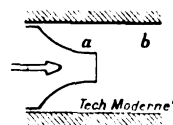


Fig. 4.

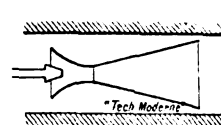


Fig. 5.

et l'étranglement, mais ce sont là des facteurs relativement secondaires à côté de l'importance du diffuseur.

Le diffuseur parfait, de rendement égal à l'unité, serait celui qui transformerait *intégralement* en pression la force vive due à la vitesse du courant traversant ce diffuseur; or, ce rendement est non seulement affecté par la perte de charge de frottement, d'ailleurs infiniment faible, mais surtout par les remous et tourbillons, et plus encore par le fait que le fluide sort du diffuseur avec une vitesse encore sensiblement élevée, emportant avec lui une énergie dynamique qui se perdra en une détente inutile à l'extérieur de l'appareil.

Il résulte de ces considérations que, si la vitesse initiale est très grande, il faudra un diffuseur de longueur considérable pour réaliser une transformation avec un bon rendement, ou inversement, avec un diffuseur de dimension réduite, il faudra une vitesse initiale d'écoulement du fluide moteur très petite.

Or, dans le cas qui nous occupe, celui des souffleries à vapeur, la vitesse d'écoulement initiale est précisément considérable; les pressions manométriques usuellement employées aux souffleurs varient entre 0,5 kg et 3 kg par centimètre carré. Or, de la vapeur se détendant dans l'atmosphère à :

4 kg absolu, prend une vitesse de 537 m : sec.	
3 kg — — — — —	502 —
2 kg — — — — —	427 —
1,5 kg — — — — —	343 —

Si l'on rapproche ces vitesses des 5 à 10 m : sec, usuellement employés dans les carnaux, ou des 1 à 2 m : sec, au passage des grilles de foyers, on comprend que le rendement soit affecté.

Le seul remède, lorsqu'on part de vitesses initiales considérables, consiste à fractionner la détente et à envoyer le fluide qui sort d'un diffuseur dans le convergent d'une seconde trompe, et ainsi de suite jusqu'à utilisation complète de la détente. On réalise ainsi l'appareil du type de la figure 6.

Ainsi le rendement du diffuseur varie avec les dimensions (en d'autres termes, suivant le rapport des sections à chaque extrémité du cône), avec la longueur rapportée aux diamètres, avec l'inclinaison du profil ou valeur de la divergence, et aussi naturellement, quoique en très faible proportion, avec la nature plus ou moins rugueuse de la paroi. La valeur de la dépression mesurée à l'étranglement renseigne très exactement sur ce rendement du diffuseur : dans certains cas, cette dépression atteint six fois la différence des pressions statiques entre le milieu où aspire la trompe et celui où elle refoule. C'est un rendement exceptionnel (environ 0,85). On arrive couramment, dans les dispositions soignées, à multiplier quatre fois la différence de pression (le rendement est alors 0,80 environ). Comme usuellement, le rendement du convergent est supérieur à celui du divergent; on voit donc la possibilité de réaliser des trompes à rendement excellent pouvant aller jusqu'aux environs de 60 %, mais avec des fluides, moteur et aspiré, de pressions peu différentes, des vitesses d'écoulement modérées, des densités voisines et invariables, et avec un

diffuseur rationnellement conçu, ayant des rapports de sections d'ajutage et de l'étranglement convenables.

On conçoit devant la multiplicité de ces conditions que bien peu d'éjecteurs présentent un bon rendement. Les expériences de M. Rateau sur un très grand nombre d'éjecteurs à air comprimé — ceux qui réunissent les meilleures conditions — montrent des rendements de 25 % dans les meilleurs cas; il faut cependant observer que ces essais ont porté sur de petites trompes, et que l'on peut espérer des rendements supérieurs avec des appareils de grande dimension (éjecteurs aspirant les gaz de la cheminée).

Les expériences sur les locomotives de MM. Nozo et Geoffroy montrent qu'avec la vapeur, le rendement baisse à moins de 10 %, et pourtant il agit comme fluide moteur de vapeur d'échappement, c'est-à-dire de fluide à faible pression, et par suite à faible vitesse d'écoulement.

Avec de la vapeur vive, telle qu'on l'utilise dans les souffleries de foyers, le rendement tombe bien plus encore; les expériences relatées ici même (1) que nous avons fait porter sur cette catégorie de souffleurs, montrent un rendement d'environ 1 %.

Critérium d'une bonne soufflerie. — En somme, pour qu'un éjecteur ait un bon rendement, il faut surtout :

1° Que le rapport des sections de la buse d'écoulement et de l'étranglement sur lequel elle travaille, soit convenable ;

2° Que le rapport de pression entre le fluide moteur et le fluide aspiré ne soit pas trop éloigné de l'unité; l'expérience semble démontrer que le meilleur rapport est de 3 ou 4 fois la différence de pression que crée la trompe.

Ces diverses conditions sont d'ailleurs connexes, puisque les volumes sont liés aux pressions, et que, par conséquent, plus basse sera la pression initiale du fluide moteur, plus la section de la buse et celle de l'étranglement devront être grandes.

Nous avons vu que, pour la vapeur, la vitesse initiale est telle que la détente devrait être fractionnée dans une série de convergents et divergents, si l'on voulait avoir un rendement acceptable.

Une bonne soufflerie de foyer sera donc celle de la figure 6. Il n'en existe pas : cette solution conduisant pratiquement à un trop grand encombrement.

Les rares souffleries à peu près bien établies sont du type de la figure 7, où l'on emploie plusieurs convergents, et un grand diffuseur; mais, par contre, les souffleries les plus usuelles, qui sont légion, sont celles du type de la figure 8, possédant un rudiment de diffuseur, et leur rendement est absolument déplorable.

On peut faire toucher du doigt ce rendement mécanique

ridicule d'une autre manière. Il est avéré qu'une excellente soufflerie de foyer, aux essais, ne consomme jamais moins de 4 % de la vapeur produite; en marche courante industrielle, cette consommation est au moins double. Prenons 6 % et calculons de façon approximative le rendement, par exemple pour une chaudière de 1 800 kg de vapeur à l'heure, en admettant que cette chaudière

marche dans d'excellentes conditions, c'est-à-dire avec un rendement thermique de 65 %, soit une vaporisation de 8 kg de vapeur à 650 calories par kg de charbon à 8 000 calories.

La consommation de chaleur de la soufflerie sera de $\frac{6 \times 1800}{100} = 108$ kg de vapeur à l'heure, soit 70 000 calories en chiffres ronds.

Ces 70 000 calories représentent, dans la machine à vapeur, un travail mécanique de $70\,000 \times 0,12 \times 425 = 3\,570\,000$ kgmt.

Comme travail utile, la soufflerie aura fourni l'air nécessaire à la combustion de $\frac{1800}{8} = 225$ kg de charbon, soit, en prenant le chiffre déjà admis de 13 m³ par kg, un volume d'air de $225 \times 13 = 3\,000$ m³ en chiffres ronds.

La pression fournie par la soufflerie est égale à la différence de pression qui existe entre l'air extérieur et le cendrier clos (puisque au delà la cheminée intervient), soit environ 15 mm et 20 mm si l'on brûle des poussières en forte épaisseur.

Finalement, le travail utile optimum de la soufflerie est donc :

$$3\,000 \times 20 = 60\,000 \text{ kgmt.}$$

Soit un rendement mécanique de $\frac{60\,000}{3\,600\,000} = 0,017$, moins de 2 %, à peine un peu plus que la cheminée! Cet exemple modéré nous fait retomber, comme l'on voit, sur l'ordre de grandeur qu'indiquaient les mesures directes. Or, les souffleries absorbant 10 % de la vapeur produite ne sont pas rares.

Applications pratiques des souffleries de vapeur aux foyers. — La question de rendement ainsi élucidée, il reste encore à considérer la façon dont on peut appliquer un éjecteur au tirage des foyers; on peut, en effet, soit souffler de l'air sous la grille, soit aspirer les gaz au registre.

Au point de vue travail, il vaut mieux souffler sous grille : d'abord parce que le volume de gaz aspiré est plus faible (l'air étant plus froid, et les gaz chauds), et ensuite parce que les souffleries dont, venons-nous de dire, les diffuseurs sont toujours insuffisants, travaillent sur un orifice équivalent bien plus faible à la grille qu'à la cheminée. C'est d'ailleurs ainsi qu'on les utilise couramment. Le principal avantage des souffleries à vapeur est de permettre l'emploi de poussières, lesquels exigent pour leur combustion une dépression plus forte que celle que peut fournir ordinairement le tirage naturel, et de conserver les barreaux de grilles par leur effet réfrigérant. Par contre, à côté de ces avantages, les éjecteurs soufflant sous grille ont de graves inconvénients. Ils créent notamment, par le fait de la forte pression, des trous dans la couche en ignition, par où l'air passe en excès, causant des dards ou jets de chalumeau qui peuvent détériorer les tôles de coups de feu. L'entraînement des poussières dans les carneaux est également très considérable.

En somme, l'emploi des souffleries de vapeur n'est pas un moyen rationnel de ventilation. Dans les meilleures conditions de marche courante, elles sont à peine plus économiques que le tirage naturel, et les mêmes reproches que nous avons formulés pour l'un peuvent se formuler également pour l'autre, avec, en plus, des inconvénients sensibles, que ne compense pas suffisamment la possibilité de brûler des poussières, car la chose est facile à réaliser avec des moyens de ventilation plus heureux.

(A suivre.)

J. IZART,
Ingénieur civil des Mines.

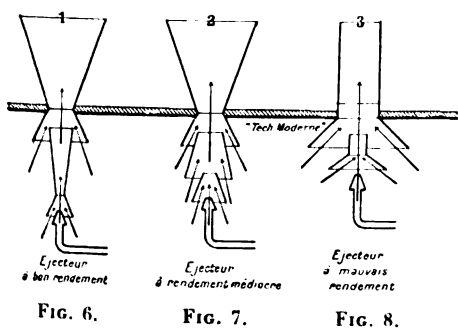


FIG. 6.

FIG. 7.

FIG. 8.

ridicule d'une autre manière. Il est avéré qu'une excellente soufflerie de foyer, aux essais, ne consomme jamais moins de 4 % de la vapeur produite; en marche courante industrielle, cette consommation est au moins double. Prenons 6 % et calculons de façon approximative le rendement, par exemple pour une chaudière de 1 800 kg de vapeur à l'heure, en admettant que cette chaudière

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 7 (juillet 1911), p. 424.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

LES NOUVELLES USINES

DE LA COMPAGNIE PARISIENNE DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ

Aux termes de l'article 26 de la convention du 5 septembre 1907 portant concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris, la Compagnie parisienne de distribution d'électricité s'est engagée à construire, au nord et au sud-ouest de Paris, deux usines centrales servant à la production de l'énergie et destinées à faire face aux besoins de la consommation.

Ces deux usines doivent produire des courants alternatifs diphasés à 12 300 volts et 42 périodes.

La puissance de l'usine Sud-Ouest a été fixée par la conven-

Il a été entendu, au surplus, que les deux centrales seront reliées et pourront se suppléer l'une l'autre en cas de besoin.

USINE NORD. — L'usine Nord est située à Saint-Ouen-les-Docks, dans un terrain de 12 hectares de superficie, entre le boulevard Victor-Hugo, la rue des Bateliers, le quai de Seine et la rue Ardouin (fig. 1).

Les bâtiments principaux ont leur plancher établi à la cote (30,40) supérieure à celle atteinte par le maximum de la

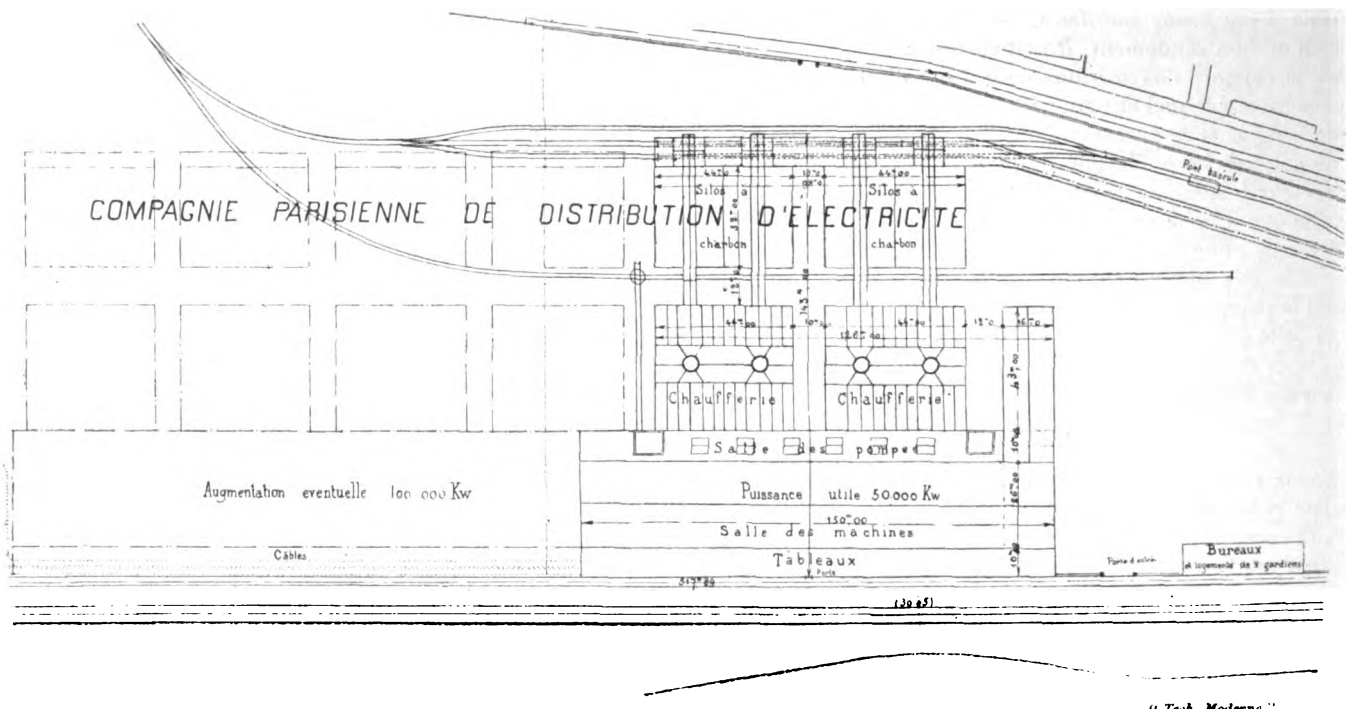


FIG. 1. — Plan de l'usine électrique de Saint-Ouen.

tion à 25 000 kw, celle de l'usine Nord avait été limitée provisoirement au même chiffre.

Mais en présence du développement qu'a pris, en ces dernières années, la distribution de l'énergie électrique dans Paris, on a prévu, dès à présent, pour l'ensemble des deux usines, la puissance totale de 75 000 kw, dont 25 000 kw pour l'usine Sud-Ouest et 50 000 kw pour l'usine Nord.

Les terrains nécessaires à la construction de ces usines ont été achetés, pour l'usine Nord, à Saint-Ouen-les-Docks, et pour l'usine Sud-Ouest à Issy-les-Moulineaux.

Ils permettent d'assurer la liaison de ces usines avec la voie ferrée d'une part et avec la Seine d'autre part.

Ils rendent, en outre, possibles des extensions ultérieures qui permettent d'envisager une puissance de plus de 150 000 kw pour l'usine Nord et de 50 000 kw pour l'usine Sud-Ouest.

Le programme d'exécution de ces deux usines a été arrêté avec la préoccupation d'obtenir tout d'abord le maximum de sécurité dans le fonctionnement, puis de réduire au minimum les frais de production et d'obtenir toute la souplesse nécessaire au fonctionnement d'une centrale d'éclairage et de force motrice.

crue de 1910 (30,07), et par conséquent à l'abri des plus fortes inondations.

L'usine contiendra huit groupes turbo-alternateurs de 10 000 kw chacun. La production de la vapeur est assurée par 30 chaudières Babcock et 10 chaudières Belleville. Les chaufferies sont divisées en deux bâtiments contenant chacun 20 chaudières, vaporisant de 10 000 kg à 12 000 kg de vapeur à l'heure, et disposées par files de 5 dans deux rues de chauffe perpendiculaires à l'axe de la salle des machines. Elles sont munies de tirage artificiel, les cheminées construites en ciment armé étant établies au milieu de chaque rue de chauffe : chacune des chaudières est munie d'un surchauffeur et d'un économiseur système Green.

Le charbon est emmagasiné dans des silos placés en arrière des chaufferies. L'approvisionnement des combustibles est assuré par voie de fer et par voie d'eau. Un raccordement avec le chemin de fer du Nord aboutit à deux voies de service permettant le déchargement direct des wagons dans des trémies situées à l'arrière des silos.

Le charbon amené par bateaux est d'abord déchargé à l'appontement en Seine par une grue à bonne piocheuse qui le déverse

dans des trémies, sous lesquelles circulent des wagonnets électriques qui transportent le charbon à l'usine dans des trémies situées à l'arrière des silos.

Un convoyeur général à godets par rue de chauffe fait le tour des silos et chaufferies, où il mène directement le charbon, soit dans les réserves des rues de chauffe, soit dans les silos. Le même convoyeur reçoit de transporteurs spéciaux, au rez-de-chaussée de la chaufferie, le mâchefer qui est déversé dans des silos spéciaux établis à l'extrémité des silos à charbon. Un réseau transporteur aérien à benne piocheuse est prévu pour suppléer au convoyeur en cas d'arrêt, de façon que la manutention mécanique du combustible et des scories soit assurée d'une façon ininterrompue.

L'alimentation de l'usine en eaux de condensation est assurée par deux galeries en libre communication avec la Seine, qui amènent l'eau du fleuve au sous-sol des condenseurs. Une vaste chambre située au droit de la prise d'eau assure la décantation ; le filtrage de cette eau est, de plus, effectué par une grille dégrossisseuse fixe et par un double jeu de grilles fines et mobiles, placées sous l'apportement de déchargement du charbon.

Pour l'alimentation des chaudières, six pompes centrifuges sont installées dans une salle séparant la chaufferie de la machinerie ; cette séparation met la machinerie à l'abri d'explosions pouvant se produire dans les chaufferies. La salle des pompes contient, en outre, les pompes à air et de circulation des condenseurs, ainsi qu'un poste où sont réunis les appareils de contrôle pour les chaudières ; un pont roulant de 10 t dessert cette salle.

Une disposition identique, par groupes d'unités, est adoptée dans la salle des machines, où les 8 turbo-alternateurs de 10000 kw sont placés en ligne perpendiculairement au grand axe ; on a ainsi séparé nettement les services électriques de ceux de la vapeur, tout en réduisant au minimum la tuyauterie de vapeur.

Les alternateurs produisent du courant diphasé à 12300 volts et 42 périodes ; chacun d'eux porte, en bout d'arbre, une excitatrice, et en plus une petite génératrice à courant continu. Cette dernière est destinée à fournir l'énergie aux pompes à air et de circulation affectées à chaque groupe.

Ces groupes fonctionnent à condensation par surface, les condenseurs étant placés sous leurs turbines respectives ; cette disposition a pour but de réaliser l'autonomie complète de chaque groupe, qui assure par ses propres moyens tous les services auxiliaires correspondants.

D'autre part, trois commutatrices de 750 kw fourniront le courant continu à 220 volts, destiné à la marche des pompes d'alimentation des chaudières, des appareils de levage et de manutention, ainsi qu'à l'éclairage de l'usine. Ces commutatrices portent sur leur arbre un survolteur et un moteur asynchrone de démarrage ; les transformateurs de la commutatrice et du moteur de démarrage sont placés au sous-sol de la salle des machines. Deux batteries d'accumulateurs de 2000 ampères-heures, destinées à alimenter les services auxiliaires en cas d'accident, sont également chargées par ces groupes de transformation.

Des dispositions particulières sont prises, dans l'appareillage du tableau de distribution, pour assurer la complète indépendance des unités, qui peuvent être mises facilement en marche ou hors circuit séparément. De cette façon, on peut limiter les accidents à l'organe (feeder ou groupe turbo-alternateur) où ils ont pris naissance.

Le tableau haute tension est placé dans un bâtiment parallèle à la salle des machines, et les manœuvres sont concentrées dans un poste unique placé au centre, et où l'électricien de service a tous les organes de commande sous la main. Afin de pouvoir limiter les courts-circuits possibles, l'usine est partagée électriquement en deux moitiés, entièrement indépendantes et cons-

tituant en quelque sorte deux usines alimentant le même réseau.

Les barres collectrices sont en double jeu, correspondant chacun à une puissance de 25000 kw. Les trente-deux départs de l'usine sont montés quatre par quatre sur des ponts connectés avec les jeux de barres collectrices. Un transformateur d'essai et la prise de courant des commutatrices sont également branchés sur les barres du tableau ; un interrupteur manœuvrable à distance permet de réunir à volonté les deux parties des barres collectrices.

Un jeu de barres d'essai, commandées par un rhéostat liquide, permet l'essai isolé d'un alternateur quelconque. De même, l'installation permet de vérifier, en cours d'exploitation, un feeder dont le disjoncteur serait sauté, au moyen d'un câble d'essai relié au tableau. Un tableau de distribution à basse tension sert à la commande de l'installation intérieure à 220 volts.

Les câbles haute tension quittent l'usine dans deux galeries souterraines, d'où ils sont dirigés sur les sous-stations de distribution, et l'usine Sud-Ouest, qu'ils relient électriquement à celle de Saint-Ouen.

USINE SUD-OUEST. — L'usine Sud-Ouest est située à Issy-les-Moulineaux, sur un emplacement de 2 hectares, compris entre

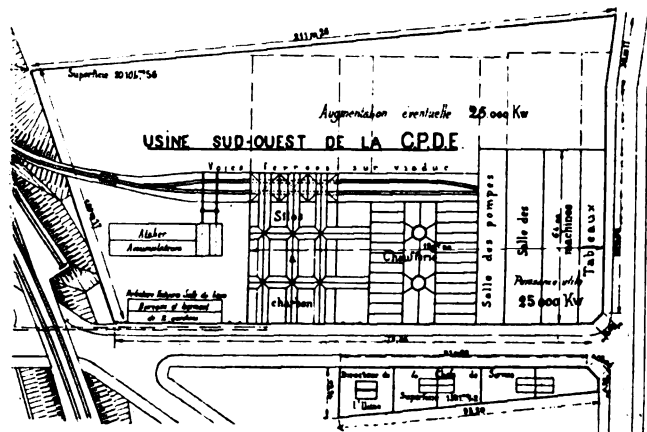


FIG. 2. — Plan de l'usine électrique d'Issy-les-Moulineaux.

le terrain de manœuvres (champ d'aviation) et la ligne du chemin de fer des Invalides à Versailles (fig. 2).

Comme à l'usine Nord, les planchers inférieurs des bâtiments principaux ont été surélevés à la cote (32,40), au-dessus du niveau de la crue de 1910 (32,15).

La production de vapeur est assurée par 10 chaudières Babcock et 10 chaudières Belleville, avec surchauffeurs et économiseurs Green. Des cheminées en ciment armé donnent le tirage naturel, activé au besoin par une installation de ventilation produisant un tirage artificiel.

Une voie de raccordement avec la ligne des Invalides à Versailles traverse toute l'usine et aboutit sous le pont roulant de 50 t desservant la salle des machines. L'alimentation en combustible est faite, comme à l'usine Nord, par un système de convoyeurs et transporteurs mécaniques ; des grilles à chaîne tournante assurent l'alimentation automatique des chaudières, des réservoirs à charbon placés au-dessus de celles-ci permettant le chargement des foyers par simple gravité.

Le raccordement à la Seine comporte deux transporteurs : l'un, parallèle au fleuve, reçoit le charbon de la grue à benne piocheuse, circulant sur un apportement, et le déverse sur le second transporteur ; celui-ci passe en souterrain sous la rue Bara et amène le combustible aux convoyeurs transversaux des silos.

Pour l'alimentation en eau de condensation, des canalisations souterraines mettent le sous-sol des condenseurs en communication avec la Seine, l'évacuation se faisant à une distance

suffisante de la prise pour éviter la rentrée d'eaux chaudes; chacune des deux galeries de prise peut être isolée pour en opérer le curage.

L'équipement électrique de l'usine Sud-Ouest comprendra trois groupes turbo-alternateurs de 10 000 kw chacun; un emplacement est de plus réservé pour un quatrième groupe éventuel.

Dans les deux usines, les groupes électrogènes sont d'ailleurs susceptibles d'une surcharge de 25 % pendant deux heures, ce qui donne pour l'ensemble une réserve disponible de 25 % sur la puissance totale.

Un groupe de trois commutatrices à 220 volts fournit le courant pour l'éclairage de l'usine, les pompes, les transporteurs, et assure de plus le chargement d'une batterie d'accumulateurs de secours d'une capacité de 3 000 ampères-heures.

Le tableau de distribution, établi sur les mêmes principes que celui de l'usine Nord, comporte un double jeu de barres collectrices sur lesquelles sont branchés les trois alternateurs, la

prise de courant des commutatrices et un transformateur d'essai; les seize départs sont montés quatre par quatre sur des ponts connectés à ces barres collectrices. Une galerie reçoit à leur départ du tableau les câbles haute tension qui conduisent le courant aux sous-stations, centres de couplage, et à la première station centrale de Saint-Ouen.

Chaque usine comprend en outre une série de bureaux, ateliers, laboratoires, etc., installés dans des bâtiments annexes; les planchers de ces constructions sont élevés au-dessus du niveau de la crue de 1910, étant donnée la proximité de la Seine. Les travaux de construction de ces usines, qui ont été commencés au début de l'année, sont actuellement assez avancés pour que l'on puisse prévoir la mise en service en 1913.

Le coût de ces deux puissantes stations centrales atteindra près de 30 000 000 de francs pour l'usine de Saint-Ouen; et environ 15 000 000 pour celle d'Issy-les-Moulineaux.

L. D. F.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

LA PROTECTION DES RÉSEAUX ET INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES CONTRE LES SURTENSIONS⁽¹⁾

(Suite.)

II. — Procédés indirects de protection contre les surtensions.

Comme nous l'avons dit dans le chapitre précédent, les procédés indirects de protection contre les surtensions s'appliquent essentiellement aux machines et à l'appareillage; tantôt ils permettent au matériel électrique de mieux résister aux effets de ces phénomènes, tantôt ils ont pour but d'empêcher les organes principaux de l'installation d'engendrer par eux-mêmes des surtensions dangereuses dans les réseaux.

Sous ce rapport, les perfectionnements apportés depuis quelques années à la construction des machines et de l'appareillage électriques, ont diminué dans une grande proportion les accidents dont il a été question plus haut; il nous semble donc légitime d'indiquer au lecteur, au début de cette étude, ce qui a été fait dans cet ordre d'idées.

§ 1. — INFLUENCE DE LA FORME DE LA COURBE DE TENSION À VIDE DES ALTERNATEURS.

Si la courbe de la force électromotrice instantanée d'un alternateur possède des harmoniques, même de faible amplitude, l'installation est exposée à devenir le siège de phénomènes de résonance, surtout si le circuit, sur lequel débite l'alternateur, est de grande capacité.

Grâce aux progrès considérables réalisés dans la construction, auxquels nous venons de faire allusion, il est possible de trouver aujourd'hui des alternateurs pour lesquels la courbe de tension à vide, relevée à l'oscillographe, est une sinusoïde presque parfaite.

Il était d'autant plus difficile d'arriver à un résultat favorable dans cette voie, que l'emploi des encoches ouvertes pour loger les enroulements d'induits s'est partout généralisé. Or, si cette disposition se prête mieux que d'autres au placement des bobines

et facilite les réparations, elle présente par contre le désavantage de pouvoir affecter l'allure de la courbe de tension aux bornes de la machine.

Si l'induit d'un alternateur possède k encoches par pôle, la fluctuation du champ inducteur sera de fréquence égale à $2k$ fois la fréquence normale du réseau. La courbe de tension à vide de la

machine pourra donc avoir des harmoniques d'ordre $(2k + 1)$ ou $(2k - 1)$. C'est pourquoi, s'il n'est pas prévu de dispositifs spéciaux pour que l'amplitude des harmoniques soit rendue négligeable, on conçoit aisément qu'on obtiendra dans les réseaux des courbes de tension dans le genre de celles des figures 2 et 3. Les harmoniques qu'elles engendrent peuvent donner naissance, à leur tour, à des effets de résonance dangereux.

Les procédés industriels qui ont permis de remédier à la production des harmoniques, même d'ordre élevé, consistent, presque tous, à donner aux pièces polaires des profils appropriés et à les incliner d'un angle déterminé par rapport à la direction des encoches de l'induit. Les figures 4 et 5 représentent une roue polaire d'un alternateur double de 14 500 HP, sur laquelle les pôles sont

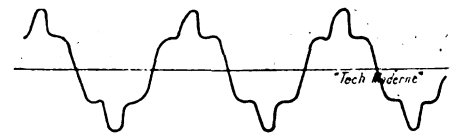


FIG. 2. — Oscillogramme de la f.é.m. instantanée à vide d'un alternateur triphasé de 460 k.v.a., 4 000 volts, 50 périodes, 250 tours sans pôles inclinés. Le stator est muni d'un enroulement à trois encoches par pôle; on remarque la présence du 5° harmonique.

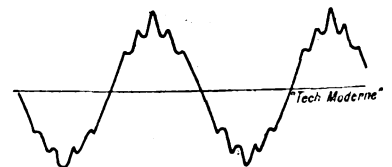


FIG. 3. — Oscillogramme de la f.é.m. instantanée à vide d'un alternateur triphasé à 6 encoches par pôle de 500 k.v.a., 10 000 volts, 50 périodes, 500 tours, non muni de pôles inclinés. On remarque la présence du 11° harmonique.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 10 (octobre 1911), p. 533.

inclinés, par rapport à l'axe de la machine, d'une quantité égale au pas d'une encoche pour la longueur totale d'un pôle.

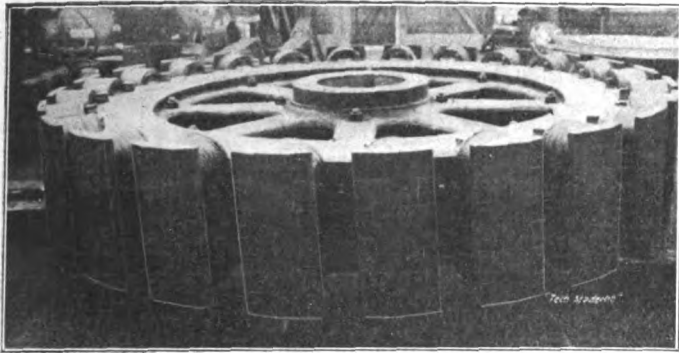


FIG. 4. — Roue polaire d'un alternateur triphasé double, Brown, Boveri, de 14 500 HP, 11 500 volts, 50 périodes, à pôles obliques.

Pour chaque position de l'inducteur, les encoches couvrent la même surface polaire totale, de telle sorte que les fluctuations

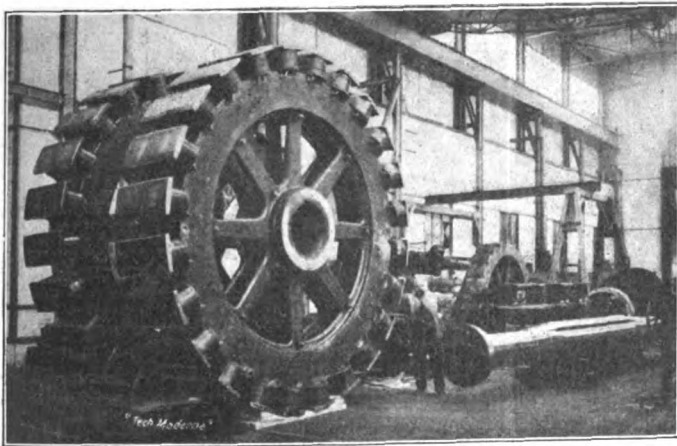


FIG. 5. — Roue polaire d'un alternateur triphasé double, Brown, Boveri, de 14 500 HP, 11 500 volts, 50 périodes à pôles obliques.

provenant des variations dans la valeur de la réluctance ne se produisent plus.

La figure 6 représente une disposition intéressante avec pôles droits, mais dans laquelle l'arête des pièces polaires est fraisée en biseau.

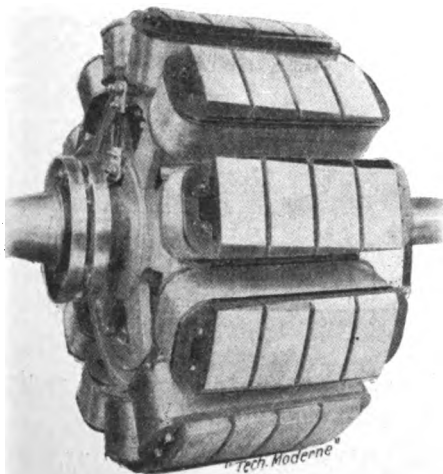


FIG. 6. — Roue polaire d'un alternateur triphasé Oerlikon avec pièces polaires fraisées en biseau.

On obtient ainsi sensiblement une sinusoïde (fig. 7).

Tout en conservant le même principe que ci-dessus, on rencontre, enfin, des alternateurs munis de roues polaires avec pôles droits, comme autrefois, pour lesquels les encoches mêmes de l'induit sont inclinées cette fois par rapport à l'axe de la machine.

Des dispositions analogues

aux précédentes s'appliquent couramment à la construction des alternateurs à grande vitesse, types turbo.

Les figures 8 et 9 représentent le rotor à rainures obliques d'un turbo-alternateur de 1 500 kw, 3 000 tours par minute. L'enroulement inducteur est réparti dans des encoches, fermées ensuite par de solides frettes en bronze.

Bien que l'obliquité des pôles ou le profilage des arêtes puissent rapprocher la courbe de tension à vide de la sinusoïde parfaite, il n'en est pas moins nécessaire que les constructeurs apportent cependant tout le soin désirable au tracé de la denture des alternateurs.

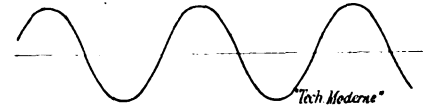


FIG. 7. — Oscillogramme de la f.é.m. instantanée à vide de l'alternateur triphasé Oerlikon de la figure précédente. La courbe réalisée est sensiblement une sinusoïde.

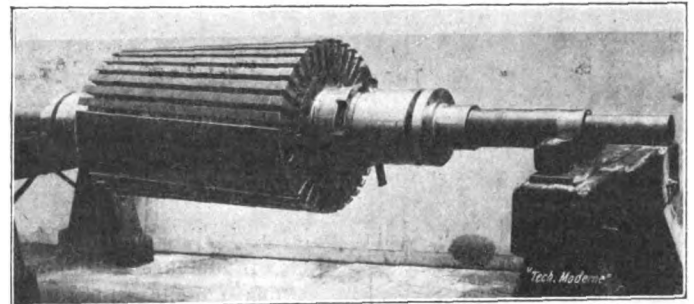


FIG. 8. — Inducteur non bobiné d'un turbo-alternateur triphasé Brown, Boveri, de 1 500 kw, 3 300 volts, 50 périodes, 3 000 tours, à rainures obliques.

La forme, le nombre d'encoches, la saturation dans les dents et les cornes polaires, exercent une influence prépondérante sur la répartition des lignes de force et, par suite, sur l'allure de la

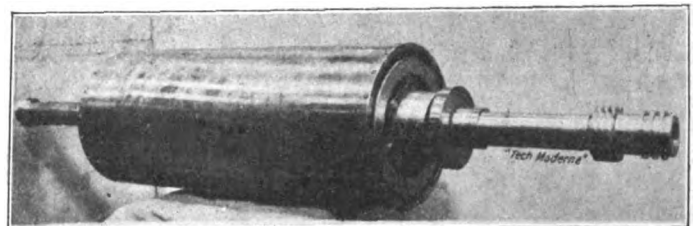


FIG. 9. — Inducteur bobiné d'un turbo-alternateur triphasé Brown, Boveri, de 1 500 kw, 3 300 volts, 50 périodes, 3 000 tours, à rainures obliques.

courbe de la force électromotrice instantanée de la machine (fig. 10).

Enfin, pour supprimer l'effet des ondes de fréquences supérieures à celles des harmoniques de denture, on munit généralement les inducteurs de circuits amortisseurs. Ces derniers améliorent le pouvoir synchronisant des alternateurs et ont surtout l'avantage d'opposer un obstacle infranchissable aux phénomènes de haute fréquence (1). Dans un cas particulier même, leur rôle est très important; on sait, en effet, que les alternateurs monophasés, contrairement aux triphasés, présentent l'inconvénient d'engendrer un champ de réaction alternatif qui induit dans les bobines d'excitation un courant de fréquence double

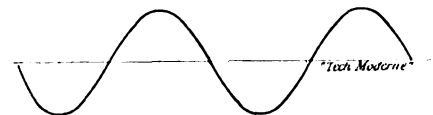


FIG. 10. — Oscillogramme de la f.é.m. instantanée d'un turbo-alternateur de 1 500 kw, 6 000 volts, 1 500 tours, 50 périodes.

(1) En ce qui concerne spécialement les turbo-alternateurs, signalons le rôle heureux et très efficace que jouent, comme circuits amortisseurs, les frettes et calottes d'extrémité en bronze sur le rotor de la machine (fig. 8 et 9).

du courant de travail. On se rendra compte, par la figure 13, de l'importance donnée quelquefois aux circuits amortisseurs pour annihiler l'effet de ce phénomène perturbateur. Au surplus, on complète heureusement, en général, les dispositions que nous venons de décrire précédemment, en montant les bobines inductrices des alternateurs monophasés et polyphasés sur des formes métalliques; ces dernières contribuent efficacement, comme on le sait, à l'amortissement des phénomènes vibratoires secondaires dans le champ inducteur.

Pour que la courbe de tension en charge d'un réseau se

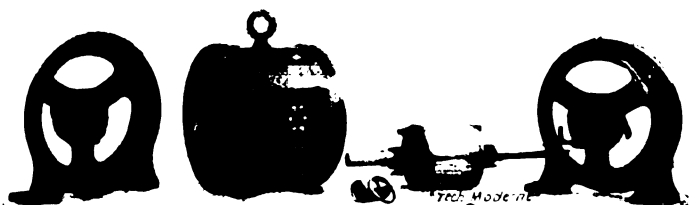


FIG. 11. — Petit moteur triphasé Bergmann, de 2 HP, 220 volts, 50 périodes, à rotor en court-circuit, à rainures obliques.

rapproche, elle aussi, de la sinusoïde, on incline également par rapport à l'axe de la machine, les pôles inducteurs des moteurs synchrones. Bien plus, les rotors des moteurs d'induction, même de faible puissance, se font maintenant avec rainures inclinées (fig. 11 et 12) (1).

L'altération dans la forme de la courbe de tension en charge d'un réseau est fréquemment une conséquence de l'utilisation de commutatrices dans les sous-stations et postes de transformation.

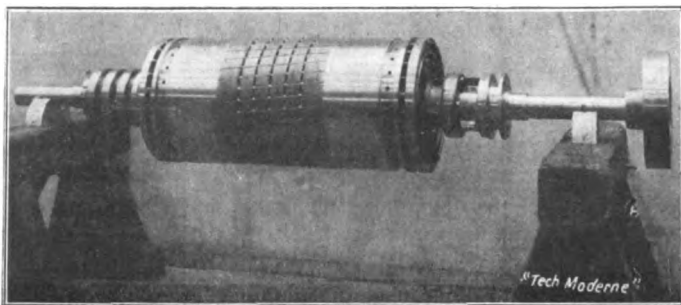


FIG. 12. — Rotor d'un moteur asynchrone triphasé Brown, Boveri, de 380 HP, 3 000 volts, 2 900 tours, 50 périodes, avec rotor en court-circuit à rainures obliques.

Ce genre de machines possédant rarement des dispositifs assez efficaces pour compenser les variations de flux causées par la denture, engendre ordinairement dans les réseaux des harmoniques du cinquième et septième ordre. Pour diminuer l'amplitude de ces derniers, les pôles sont presque toujours munis d'amortisseurs. Malgré cette précaution et bien que ces machines jouissent d'une grande faveur, leur emploi ne devrait être toléré que dans les réseaux de faible capacité. A plus forte raison,

(1) Rappelons que, dans plusieurs réseaux urbains, les commutatrices ont donné naissance à des surtensions telles, qu'on a été parfois obligé de supprimer les câbles armés et de les remplacer par des conducteurs montés sur isolateurs et placés dans des caniveaux. Ce fut notamment le cas, il y a une douzaine d'années, à Paris, au secteur des Champs-Élysées.

Bien que l'introduction des grosses unités ait apporté — comme nous le disons plus loin — une amélioration sensible au point de vue des surtensions dans les réseaux urbains, il n'en est pas moins certain que les phénomènes d'ozonisation qui altèrent la qualité des isolants des câbles et des enroulements de machines, ont

devraient-elles être complètement écartées dans les installations où elles se trouveraient alimentées par des câbles armés de

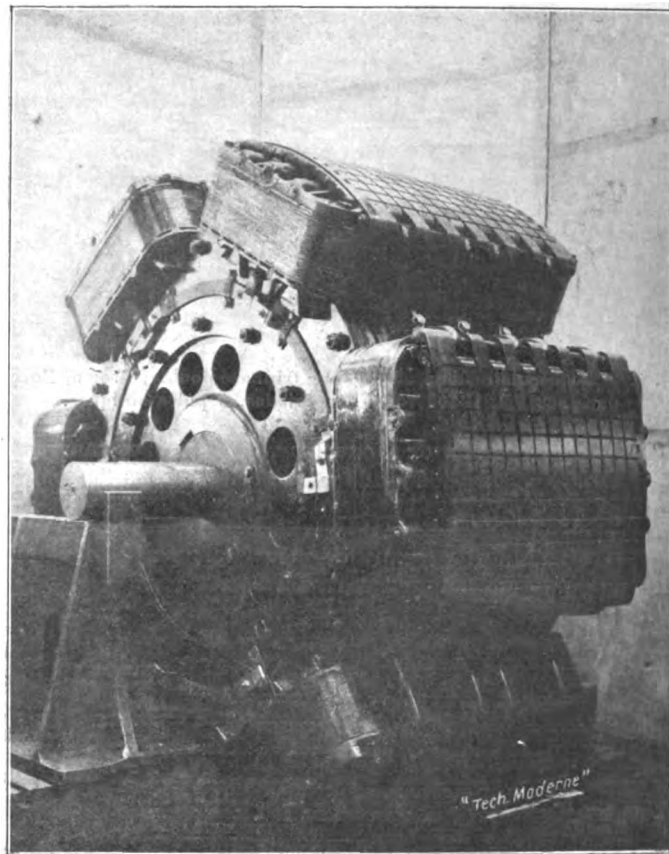


FIG. 13. — Roue polaire bobinée, d'un alternateur monophasé, Brown, Boveri, de 2 500 kw, 16 000 volts, 300 tours, 15 périodes. Les pôles sont munis d'amortisseurs.

grande longueur; on pourrait leur substituer avec avantage des groupes moteurs-générateurs ou bien, comme on le fait couram-

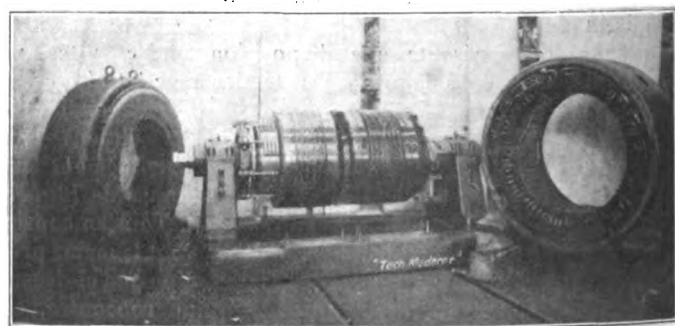


FIG. 14. — Commutatrice en cascade, système Arnold, construction Brown, Boveri, de 250 kw, 9 500 volts, triphasé (2×250 volts, courant continu), 50 périodes. Le rotor de la machine asynchrone est muni de rainures obliques.

ment aujourd'hui, des commutatrices en cascade, système Arnold, avec rotors à rainures obliques (fig. 14).

(A suivre.)

G. CAPART,

Ingenieur de la Société Brown, Boveri et C^{ie}.

la plupart du temps pour cause indirecte l'existence de commutatrices branchées sur des canalisations souterraines de grande longueur.

CHEMINS DE FER

LES AUTOMOTRICES BENZO-ÉLECTRIQUES

DANS L'EXPLOITATION DU CHEMIN DE FER DES MINES DE CARVIN

La Société des Mines de Carvin possède une ligne à voie normale, de 4 km 660 de longueur, qui réunit les communes de Carvin (11 000 habitants, ligne de Henin-Liétard à Don Sainghin) et de Libercourt (5 000 habitants, ligne de Paris à Lille) et sur laquelle elle assure, par ses propres moyens, le trafic des voyageurs.

Elle avait envisagé, dès 1908, la substitution de la traction électrique par trolley à la traction à vapeur, la faible capacité requise par les trains de voyageurs rendant assez onéreuse la traction par locomotive à vapeur.

Mais en raison du petit nombre de trains à assurer par jour sur une ligne d'embranchement aussi courte, elle a préféré arrêter son choix sur la traction benzo-électrique, ayant été facilement convaincue des avantages qu'elle offre, par la longue expérience du réseau d'Arad Csanad.

Elle a, en conséquence, commandé en 1910 deux automotrices benzo-électriques à la Société anonyme Westinghouse.

Les automotrices ont été mises en service en avril 1911 et les bons résultats obtenus au cours des premiers mois d'exploitation sont venus confirmer l'excellence du système.

VOITURES AUTOMOTRICES. — Ces voitures (fig. 1) sont au nombre de deux, assurant le service à tour de rôle, en attendant que le développement possible du trafic exige leur mise en marche simultanée.

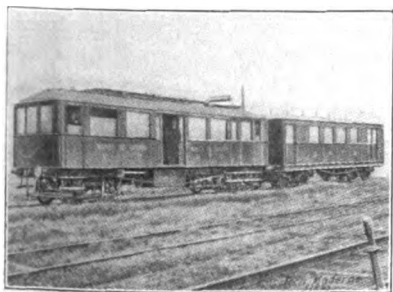


FIG. 1. — Vue d'une automotrice benzo-électrique.

voiture étant appelée à circuler dans les deux sens sans retournement aux terminus.

La caisse est divisée en six compartiments (fig. 2) :

- 1° Un compartiment de machines;
- 2° Un compartiment pour le réservoir de benzol;
- 3° Un compartiment de troisième classe offrant dix-sept places assises;
- 4° Une plate-forme centrale donnant accès aux troisièmes et deuxième classes, et pouvant recevoir un nombre important de voyageurs debout;
- 5° Un compartiment de deuxième classe offrant douze places

assises, et dans lequel est enclavé un petit compartiment de quatre places de première classe;

6° Enfin une cabine de conduite pour la marche dans l'autre sens.

Tous les compartiments sont largement éclairés et aérés par

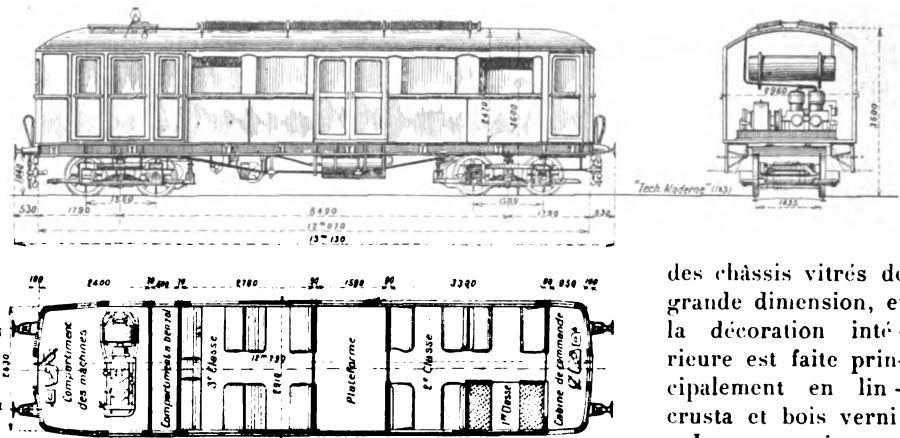


FIG. 2. — Dispositif d'une automotrice de 35 kw. (Élévation et coupe.)

des châssis vitrés de grande dimension, et la décoration intérieure est faite principalement en lin-crusta et bois verni.

Les compartiments, cabines et plates-formes sont éclairés la nuit par des lampes

de plafond à acétylène, le gaz étant fourni par une bouteille d'acétylène dissous installée sous le châssis. Le chauffage de la voiture est assuré, en hiver, par l'eau chaude provenant des chemises de refroidissement du moteur à benzol.

L'équipement de propulsion comporte les appareils et organes normaux du système « Westinghouse », c'est-à-dire :

Un groupe électrogène de 35 kw, dont le moteur à benzol à quatre cylindres actionne directement une dynamo génératrice à courant continu, à voltage et vitesse variables;

Un contrôleur type tramway, à chaque extrémité de la voiture, réglant à la fois la vitesse du groupe électrogène, le voltage de la dynamo génératrice et le couplage des électromoteurs de traction;

Deux électromoteurs de traction type tramway, à simple réduction d'engrenages droits, chacun d'eux étant monté sur un bogie;

Divers instruments de mesure et de protection des circuits électriques;

Un réservoir d'eau installé dans le compartiment des machines, un radiateur placé sur le toit à la suite du pot d'échappement, et un réservoir de benzol placé dans le petit compartiment spécial à côté des machines.

La voiture est en outre munie d'un frein à main et d'un frein à air comprimé automatique et semi-direct, c'est-à-dire combiné pour le freinage direct et modérable de l'automotrice, conjointement avec le freinage automatique des remorques.

L'air comprimé est fourni par un compresseur à moteur électrique alimenté par le groupe électrogène et suspendu sous le châssis.

Enfin la voiture porte des sablières, des sifflets à air comprimé et des signaux d'alarme à portée des voyageurs.

Le poids des automotrices est de 23 t 750 à vide.

REMERQUES. — Les voitures de remorque sont également à bogies, et leur aménagement ressemble à celui de l'automotrice. Elles sont pourvues cependant d'un compartiment pour bagages. Leur poids est de 15 t 35 à vide.

EXPLOITATION. — Le profil très facile de la ligne, qui n'offre qu'une rampe maximum de 1,87 mm par mètre sur 1 700 m et une

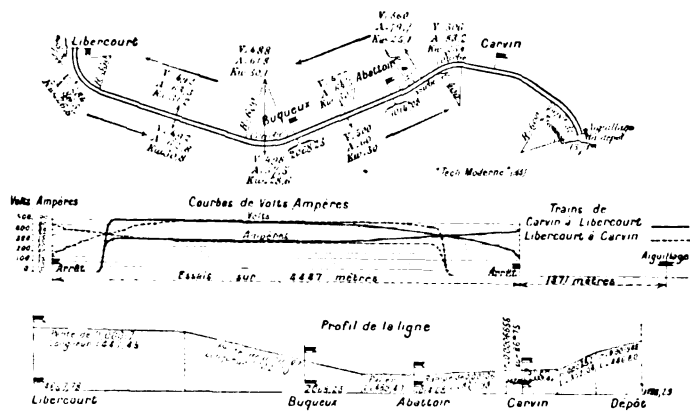


FIG. 3. — Graphiques des essais effectués avec automotrices benzo-électriques entre Carvin et Libercourt :

Poids du train.	<table><tr><td>Automotrice.</td><td>23 t 730</td></tr><tr><td>Remorque.</td><td>13 t 350</td></tr><tr><td>Voyageurs.</td><td>420</td></tr></table>	Automotrice.	23 t 730	Remorque.	13 t 350	Voyageurs.	420	} Total : 39 t 500.
Automotrice.	23 t 730							
Remorque.	13 t 350							
Voyageurs.	420							
Nombre de trains.	14 (7 aller + 7 retour).							
Distance totale parcourue.	(14 × 4 447) + (2 × 1 371) = 65 km.							
Vitesse commerciale des trains.	<table><tr><td>Aller : Carvin-Libercourt : 31 km 757.</td><td></td></tr><tr><td>Retour : Libercourt-Carvin : 30 km 793.</td><td></td></tr><tr><td>Vitesse moyenne totale : 31 km 275.</td><td></td></tr></table>	Aller : Carvin-Libercourt : 31 km 757.		Retour : Libercourt-Carvin : 30 km 793.		Vitesse moyenne totale : 31 km 275.		
Aller : Carvin-Libercourt : 31 km 757.								
Retour : Libercourt-Carvin : 30 km 793.								
Vitesse moyenne totale : 31 km 275.								
Durée moyenne des voyages.	Aller : 8'25"; Retour : 8'42".							
Nombre de démarrages total.	33.							
Consommation totale de benzol.	27 kg 500.							
Consommation de benzol.	<table><tr><td>Par train kilomètre : 0 kg 423.</td><td></td></tr><tr><td>Par tonne kilométrique : 10 g 72.</td><td></td></tr></table>	Par train kilomètre : 0 kg 423.		Par tonne kilométrique : 10 g 72.				
Par train kilomètre : 0 kg 423.								
Par tonne kilométrique : 10 g 72.								

courbe de 350 m de rayon, a permis de n'employer qu'un groupe électrogène de 35 kw pour la traction des trains composés normalement de l'automotrice et d'une remorque (soit 39 t 5 à vide) et de se dispenser de rechercher une extrême légèreté pour ces voitures. Malgré cela, la vitesse du train est de 35 K.M.H.

en palier. La ligne ne comportant que deux arrêts facultatifs, il a été possible de gagner du temps sur l'horaire des anciens trains à vapeur.

Au cours des essais de réception (fig. 3), les automotrices remorquant une remorque ont consommé en moyenne 0 kg 425 par kilomètre, soit 10.625 g par tonne-kilomètre, pour un parcours journalier de 65 km utiles, avec des trajets de 4,6 km sans arrêt.

La Compagnie a ensuite procédé à des essais de plus longue durée pour évaluer la consommation exacte, y compris les manœuvres aux terminus, quand il y a des remorques, et les rentrées au dépôt par une rampe de 3,8 ‰ (ce qui représente un parcours journalier supplémentaire de 18 à 20 km à petite allure); elle a constaté ainsi que la consommation totale moyenne était de 64 kg 500 de benzol pour un parcours journalier de 120 km comportant environ 182 démarrages. Le benzol était obtenu à 27 fr les 100 kg, la dépense journalière de combustible ressort à 17 fr 40.

Or, pendant les trois premiers mois de 1911, qui ont précédé la mise en service des automotrices, les trains à vapeur pour voyageurs consommaient en moyenne 1.744 kg par jour de briquettes à 10 fr la tonne, soit une dépense journalière de 34 fr.

L'emploi du benzol a donc procuré une économie de près de 50 ‰ sur les frais de combustible; à cette économie s'ajoute la suppression du chauffeur; quant aux frais d'entretien et de réparations, il ne sera guère possible de les évaluer sérieusement avant une année d'exploitation. L'expérience des autres lignes secondaires sur lesquelles la traction benzo-électrique a été substituée à la traction à vapeur, permet de compter là aussi sur une économie de 30 ‰ à 50 ‰.

Le nouveau système de traction, appliqué pour la première fois en France sur une ligne secondaire à voie normale, a été accueilli avec faveur par le public, qui trouve dans ces automotrices le confort et la propreté des trains électriques, et qui a maintenant à sa disposition vingt-deux trains par jour au lieu de huit.

Aussi, dès les premiers mois, grâce à cet accroissement du nombre des trains et à la réduction du temps de parcours, le nombre journalier de voyageurs est passé de 180 à 440 (850-900 les jours de fête).

A. G.

MINES

LE CREUSEMENT DES Puits PAR CONGÉLATION EN CAMPINE

Considéré en lui-même, le procédé de congélation a, en somme, subi peu de modifications depuis son apparition; il est resté, dans ses grandes lignes, tel que Poetsch l'utilisa en 1883 au puits Archibald à Schneidlingen. Par contre, le développement qu'il a pris a reporté sa limite d'application bien au delà de ce que pouvaient prévoir les plus optimistes il y a quelques années. Lorsqu'en 1898, les puits du siège d'Harehies des charbonnages de Bernissart (Belgique) furent entrepris par congélation pour une profondeur de 236 mètres, la chose était considérée à juste titre comme très hardie, car, après quinze ans d'existence du procédé, ces puits étaient les premiers à atteindre semblable profondeur : les fonçages du Nord et du Pas-de-Calais, qui avaient fait entrer le procédé dans la phase des applications pratiques, n'avaient pas dépassé 125 mètres.

Aujourd'hui, les applications à 200 mètres de profondeur sont

considérées comme l'enfance de l'art en la matière; en Belgique, la profondeur de 330 mètres est atteinte actuellement au siège de l'Heribus du Levant du Flénu, dont un des puits est déjà cuvelé jusqu'au bouiller (1911); pour la plupart des puits, en préparation, de la Campine, la profondeur de congélation dépasse 300, voire même 400 mètres.

En Allemagne, les deux puits de la Gewerkschaft Lohberg, que la Société Deutscher Kaiser a établis près de Dinslaken ont atteint la profondeur de 415 mètres en 1910; ces puits détien- nent le record actuel, pensons-nous, de la profondeur creusée par congélation, en attendant que les applications en cours en Campine et sur la rive gauche du Rhin le leur enlèvent prochainement.

Les perfectionnements des installations frigorifiques, le développement considérable de la technique des sondages qui a réduit

au temps minimum les travaux préparatoires à la congélation, l'aménagement rationnel des installations de surface permettant de forer plusieurs sondages simultanément, l'expérience acquise dans les creusements antérieurs, telles sont les causes de l'extension prise par le procédé; il faut ajouter à ces faits positifs l'émulation créée par la découverte et la nécessité de mettre à fruit des gisements de plus en plus inaccessibles, tels le bassin houiller de la Campine, en Belgique, et le bassin houiller-salifère de la rive gauche du Rhin inférieur en Allemagne; enfin, le procédé possède deux avantages qui lui sont propres et qui ont aidé puissamment à cette propagation étonnante :

1° Il permet de déterminer *a priori*, d'une façon exacte, la durée et le prix de revient, avec garantie par contrat de la part des sociétés de fonçage, qui entreprennent ces creusements à

Notons en passant que l'abaissement de la température du liquide congélateur — dans les applications courantes, cette température est de -15° à -20° C — permettra vraisemblablement dans l'avenir d'envisager des profondeurs plus grandes que celles atteintes jusqu'à ce jour; en effet, par une circonstance favorable, la résistance des terrains congelés croît avec l'augmentation du degré de froid, de sorte que nous disposons, jusqu'à un certain point, du *froid* pour contrebalancer l'accroissement de pression dû à la profondeur.

Plusieurs techniciens avaient émis l'hypothèse que la glace serait plastique sous des pressions élevées (25 atmosphères, par exemple), et que par conséquent le procédé serait limité en profondeur; les creusements effectués à 300 et 400 mètres de profondeur ont montré l'infinité de cette hypothèse.

TABLEAU I. — PRINCIPALES DONNÉES DU BASSIN HOUILLER DE LA CAMPINE.

NOMS des concessions	ÉTENDUES en hectares	SOCIÉTÉS exploitantes	EMPLACEMENT du 1 ^{er} siège	MORTS-TERRAINS					PROFONDEUR de la congélation en mètres	PROFONDEUR de la tête du houiller
				QUATER- NAIRE et tertiaire	TUFFEAU Maas- trichtien	CRAIES à silex de Spiennes et de Nouvelles	HERVIEN			
							Marnes	Sables		
André Dumont sous Asch	2 950	Société anonyme des charbonnages An- dré Dumont sous Asch.	Waterscheid (Genck), son- dage n° 78.	291	52,10	62,50	97,80	1,30	380	505,10
Les Liégeois	4 180	Soc. Anonyme pour l'exploitation de la concession char- bonnière des Lié- geois en Campine.	Zwartberg (Genck), son- dage n° 74.	352	26,17	76,28	85,50	17,85	360 ? (non défini- tive).	558,00
Helchteren.	3 240	Société anonyme des charbon. d'Helch- teren-Zolder.	Voort (Zolder), sondage n° 79.	352	17,59	76,29	110,90	24,36	(Procédé Sockfisch).	601,74
Zolder	3 820									
Genck-Sutendaël. . . .	3 800	Société anonyme des charbonnages de Ressaix, Leval, Pé- ronnes, Ste-Alde- gonde et Genck.	Winterslag (Genck), son- dage n° 75.	273	31,20	97,90	81,10	"	428	486,60
Beeringen-Coursel. . .	4 950	Société anonyme des charbonnages de Beeringen.	Beeringen, son- dage n° 77.	380	33,63	127,61	50,57	13,70	485	605,51
Sainte-Barbe.	2 170	Société anonyme des charbonnages de Limbourg-Meuse.	Eysden, son- dage n° 81.	221,55	58,45	100,00	83,00	4,20	470	467,20
Guillaume Lambert . .	2 740									

forfait. Cette façon d'opérer a toutes les faveurs des sociétés minières, qui sont ainsi à l'abri des aléas qu'offrent toujours les creusements de puits difficiles ;

2° Il s'applique à tous les terrains, et c'est même pour cela qu'après avoir supplanté ses prédécesseurs, il ne trouve pas encore, dans les procédés de cimentation, un rival bien sérieux, à cause de leur champ d'action limité à certaines catégories de terrains. La congélation a fait ses preuves même dans des cas où la nature salifère — par conséquent peu congelable — des roches à traverser semblait l'exclure : récemment (1909-1910), le puits de la Kaliwerke Prinz Adalbert, près d'Oldau (Hanovre), compromis par une irruption d'eau contenant 25 % de chlorure de sodium, fut mené à bien en portant à -40° C la température du liquide congélateur. Cet emploi est exceptionnel, mais montre les ressources du procédé.

Certaines argiles gonflantes, dépourvues d'eau, ont bien créé parfois des difficultés spéciales dans le creusement, mais on en a toujours eu assez facilement raison.

Il y a quelque douze ans, on pensait généralement que, pour des profondeurs dépassant 200 mètres (1), on devrait recourir à la congélation *par passes*, à cause de l'impossibilité de se rendre compte des déviations des sondages; différents procédés, qui n'ont pas eu la sanction de la pratique, avaient été imaginés à cette fin. La plupart avaient le grave inconvénient de réduire le diamètre à chaque passe, comme dans la méthode par tours descendantes. Aujourd'hui, il n'est plus question du procédé de congélation par passes, à moins de sauver un puits arrêté à une difficulté dont la congélation peut seule avoir raison; citons comme exemple les puits Baldur, en Westphalie, et le puits d'Hautrage, en Belgique: dans ces deux cas, on a évité le rétrécissement par la disposition conique divergente des sondages effectués au fond du puits à approfondir.

La question de la mesure des déviations des sondages semble

(1) Rappelons cependant les puits de Harchies, creusés déjà en 1898-1901, à 236 m de profondeur.

aujourd'hui résolue d'une façon satisfaisante, suffisante en pratique, ainsi que nous le signalerons plus loin, pour que l'on ne s'arrête pas à l'idée de congeler par passes.

L'expérience a de même élucidé quelques petites difficultés du début sur l'emploi des explosifs, le revêtement provisoire (assez souvent inutile), etc...

Le procédé de congélation a pris, en Belgique, une grande

terrains tertiaires passe de 280 m, à l'est (Limbourg-Meuse), à 300 m à l'Ouest (Beeringen). Tous les horizons de sables tertiaires se sont montrés très aquifères; la tête du crétacé semble très altérée; les craies à silex ont donné de fortes venues d'eau; l'assise Hervienne est compacte, mais présente généralement, au contact du houiller, une assise de sables heureusement assez consistants, puisque l'on a réussi à en prélever quelques carottes

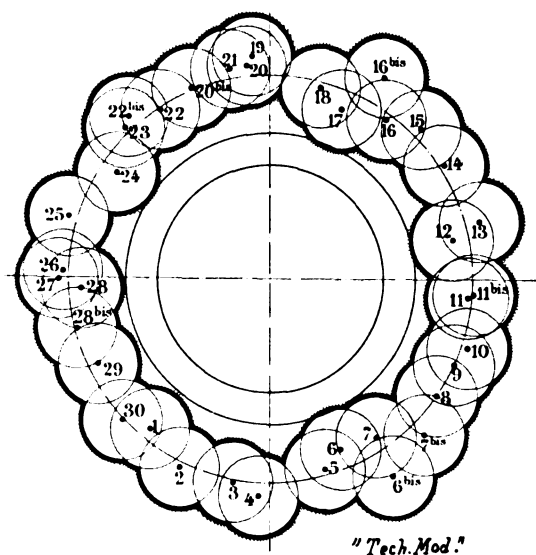


FIG. 1. — Coupe horizontale à la profondeur de 100 m.

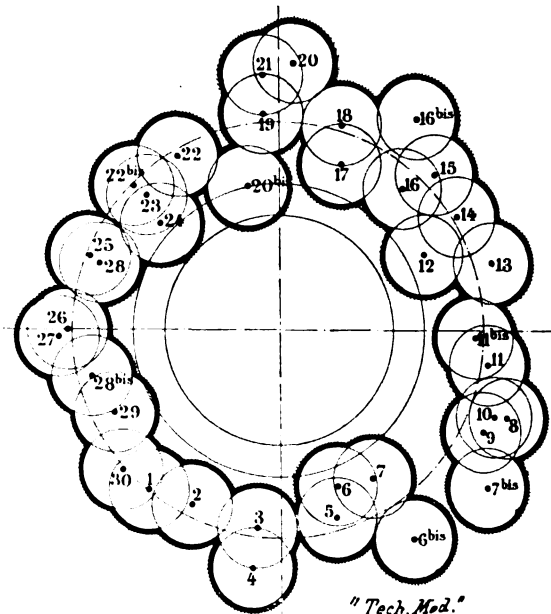


FIG. 2. — Coupe horizontale à la profondeur de 200 m.

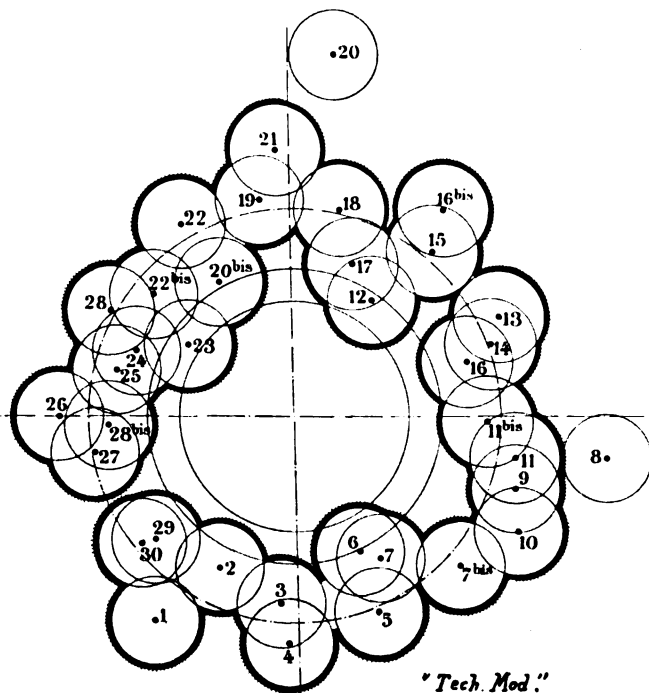


FIG. 3. — Coupe horizontale à la profondeur de 300 m.

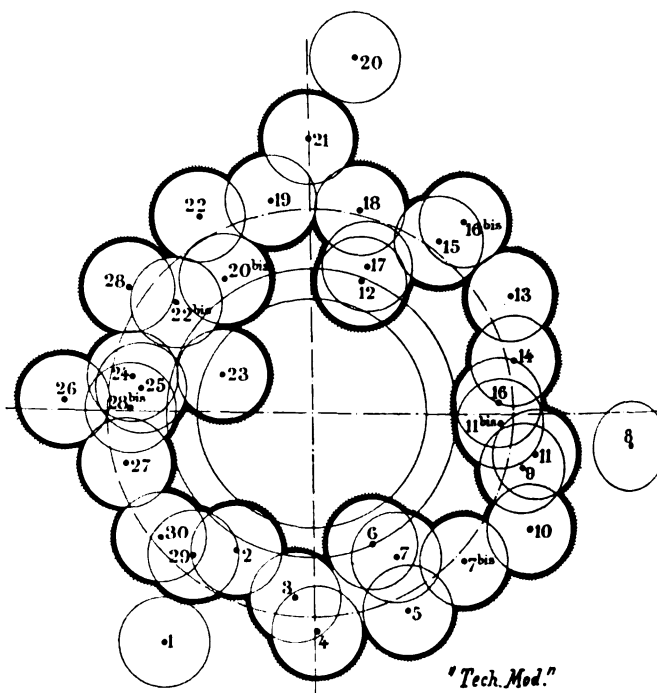


FIG. 4. — Coupe horizontale à la profondeur de 350 m.

FIG. 1 à 4. — Charbonnages de Beeringen (puits n° 1). Coupes horizontales indiquant la position des sondages et l'allure du mur de glace. — Diamètre utile du puits : 5^m,80; diamètre du creusement : 7^m,40; diamètre de la circonférence des sondages : 10^m,80. Les sondages supplémentaires sont indiqués par la notation *bis*.

extension en vue de la mise en valeur du bassin de la Campine : en effet, les puits de cinq des six sièges en établissement actuellement auront recours au procédé, pour la traversée des mort-terrains tertiaires tout au moins.

On sait qu'à l'endroit des futurs puits, le houiller se rencontre à des profondeurs variant de 467 à 605 mètres; l'épaisseur des

dans les sondages. On espère que ces sables, même aquifères, ne donneront pas de trop grandes difficultés lors du creusement.

Nous rappelons dans le tableau I (p. 615) les principales données du bassin de la Campine : concessions accordées, leur étendue, le nom des sociétés exploitantes, l'emplacement

des premiers sièges, la composition des morts-terrains (1).

Comme on le voit, les trois premiers sièges des sociétés André Dumont, Ressaix et Les Liégeois seront situés, à 3 km environ l'un de l'autre, dans la même commune de Genck : ce groupement résulte de la préoccupation de se placer sur le gisement des charbons à coke.

notons cependant que la Société d'Helchteren-Zolder, seule des six sociétés exploitantes, compte faire usage du procédé Stockfisch, procédé à niveau plein, opérant par battage avec injection de liquide dense pour maintenir les terrains ébouleux ; la partie moyenne et inférieure du secondaire est formée de masses compactes ayant une résistance propre, que l'on espère pouvoir tra-

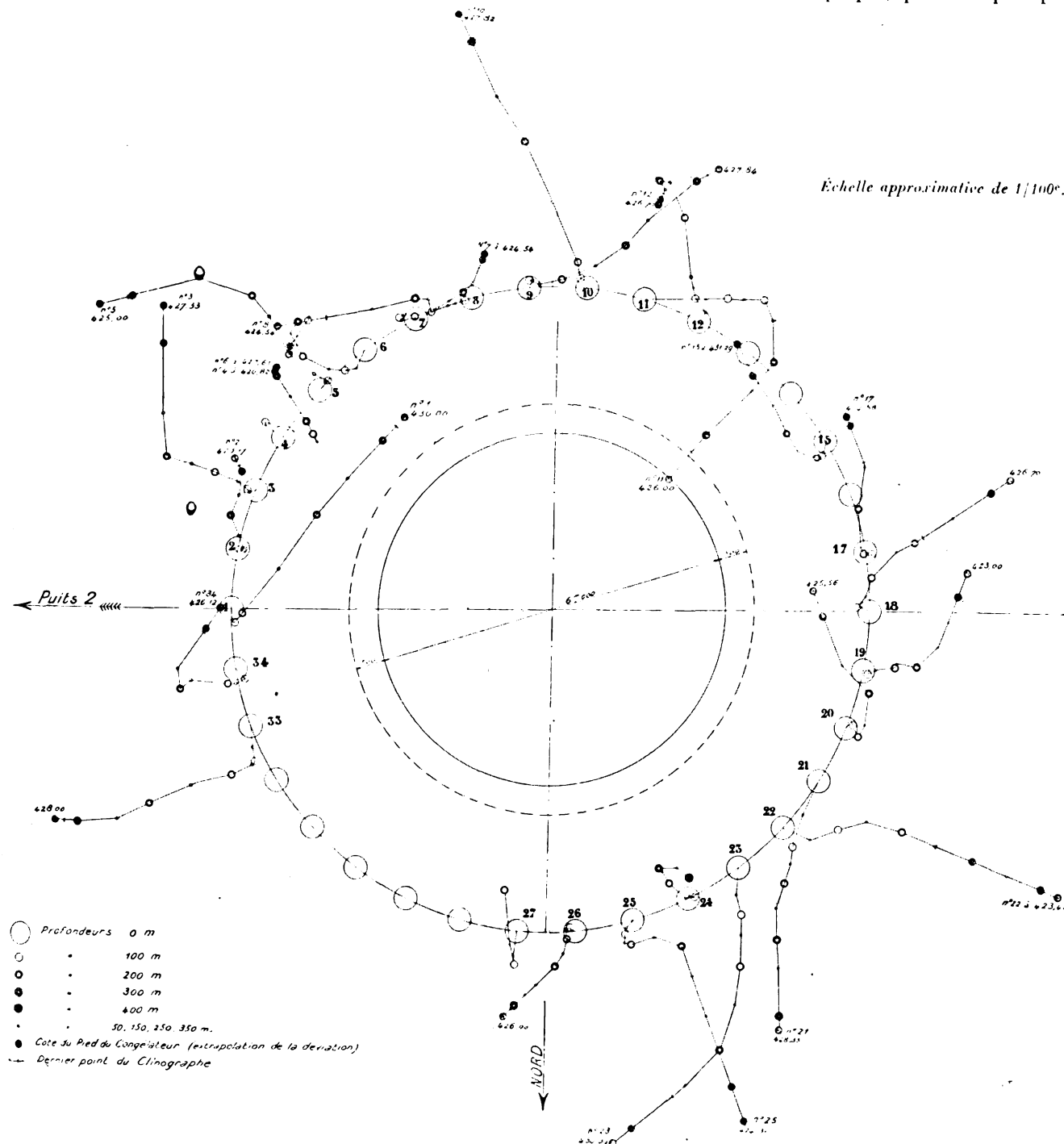


FIG. 5. — Charbonnages de Ressaix, Leval, Péronnes, Sainte-Aldegonde et Genck, Siège de Winterslag (puits n° 1). Déviations mesurées des sondages au 1^{er} mars 1911.

Au point de vue des creusements de puits, les morts-terrains se groupent en deux catégories bien distinctes : les terrains tertiaires et la tête du crétacé comprennent des assises meubles aquifères où la congélation paraît le seul procédé possible ; —

(1) Cette composition est donnée, d'après les renseignements publiés dans les *Annales des Mines de Belgique*, notamment dans l'étude de M. P. Habets (1910, 3^e livraison).

verser à niveau vide, après une cimentation préalable à la congélation ; seuls les sables qui, à certains puits, recouvrent le houiller, pourraient donner lieu à des difficultés. Cette cimentation du secondaire se fait par quelques-uns des sondages de congélation poursuivis jusqu'au houiller.

Les premiers essais de cimentation ont montré que le tuffeau Maastrichtien n'absorbe pas le ciment et il a fallu, de ce chef, reporter en dessous la profondeur de congélation. La profondeur

du creusement par congélation était dans les premiers projets, de 330 m à Beeringen, 360 m aux charbonnages André Dumont et aux Liégeois. La Société de Ressaix a préféré pousser d'emblée la congélation jusque dans le Hervien, à 428 m, et la Société de Limbourg-Meuse a décidé d'employer la congélation sur toute la hauteur des morts-terrains, soit 470 m.

A la suite des essais de cimentation, la base de la congélation a été reportée à 485 m à Beeringen et 380 m au charbonnage André Dumont.

Voici quelle est la situation des travaux, en juillet 1911 : à Beeringen, tous les sondages sont achevés jusqu'à 330 m aux puits n° 1 et 2 ; les essais de cimentation sont achevés au n° 1 par les dix sondages poursuivis jusqu'à 625 m (houiller) ; on va prolonger les sondages de congélation jusqu'à la cote de 485 m ; au charbonnage André Dumont, au puits n° 1, deux tiers des sondages de congélation sont achevés, onze d'entre eux atteignent le houiller à 510 m et ont servi à la cimentation du crétacé ; au puits n° 2, on a commencé les sondages de congélation qui doivent servir à la cimentation préalable du secondaire : celle-ci se fera avant l'exécution de tous les sondages de congélation, pour éviter les difficultés qui résultent, dans la cimentation, de l'affouillement des terrains par les nombreux sondages entourant le puits.

A la Société de Ressaix (Winterslag), on exécute les sondages supplémentaires au puits n° 1 (1) ; aux Liégeois, seul le sondage central de chacun des deux puits est achevé et celui du puits n° 2 sert aussi aux essais de cimentation. La profondeur définitive de la congélation n'est pas encore fixée.

A la plupart des sièges, les installations de surface, notamment les centrales électriques, sont en montage ou en achèvement, de même que les installations frigorifiques, très importantes.

Aux charbonnages d'Helchteren Zolder et de Limbourg-Meuse, les travaux de creusement des puits sont en préparation seulement ; à Limbourg-Meuse, on creuse l'avant-puits et les sondages seront commencés incessamment.

Pour les profondeurs dont il s'agit en Campine, la fermeture du mur de glace, outre qu'elle est indispensable à la réussite, intéresse aussi la sécurité, car une brèche ou une épaisseur insuffisante, sous des pressions de ce genre, amènerait une catastrophe.

Aussi la mesure des déviations des sondages a-t-elle retenu l'attention d'une manière toute spéciale. Des multiples appareils imaginés pour la mesure des déviations, là où le procédé du fil à plomb est inapplicable, soit à cause de la grande profondeur, soit à cause des déviations en sens divers, trois semblent s'être particulièrement montrés adéquats au but poursuivi : ce sont les appareils d'Erlinghagen et de Gebhardt, puis, plus récemment, le téléclinographe de l'Entreprise générale de fonçage de puits, études et travaux de mines.

Tous trois utilisent, du reste, le même principe : un pendule, descendu dans le sondage de façon à conserver son orientation, indique l'inclinaison du trou à différents points, ce qui permet d'en tracer l'allure ; les appareils diffèrent l'un de l'autre par la façon dont l'orientation du pendule est maintenue constante pendant la descente et par la manière d'enregistrer les indications du pendule.

En Campine, on a fait usage de l'appareil Erlinghagen à Beeringen et au Charbonnage André Dumont, et du téléclinographe au Charbonnage de Ressaix.

Au siège de Beeringen, le tracé de chaque sondage a été repéré, de 5 m en 5 m, — jusqu'à la profondeur primitivement fixée de 330 m, — d'après les observations de deux opérateurs distincts, l'un délégué par le charbonnage, l'autre par la société de sondage. La combinaison de ces deux séries distinctes d'observations élimine les erreurs de lecture ou personnelles.

(1) Au moment de mettre sous presse (fin octobre 1911), on vient de mettre en marche la congélation.

Pour se rendre compte de l'allure du mur de glace, on fait, à l'aide des plans de chaque sondage, une coupe horizontale du puits tous les 50 m : sur ces coupes figurent les traces des sondages à ce niveau, entourées d'un cercle de 1 m de rayon, distance considérée comme le minimum d'influence d'un tube congélateur ; l'enveloppe de ces cercles représente l'allure qu'aura le mur de glace ; généralement ces cercles s'interfèrent, se recoupent l'un l'autre ; mais si, par suite de déviations en sens inverses de sondages voisins, il se marque une solution de continuité, une brèche dans le rempart de glace, un sondage supplémentaire est exigé pour la fermer ; après exécution, on repère l'allure de ce sondage et l'on reporte ses traces sur les coupes pour vérifier l'obstruction de la brèche.

Une telle manière d'opérer présente certainement de fortes garanties. Au puits n° 1, 30 sondages avaient été répartis sur un cercle de 10^m.80 de diamètre ; à la suite des résultats des épures dont nous venons de parler, 7 sondages supplémentaires furent exécutés ensuite. Pour faire saisir l'utilité du mode que nous venons de décrire, nous extrayons d'une étude que nous avons publiée précédemment (1), quatre coupes à différents niveaux (fig. 1, 2, 3 et 4, p. 616) montrant l'état des sondages après exécution des 7 supplémentaires. Nous donnons seulement, pour simplifier, les coupes à 100, 200, 300 et 330 m de profondeur (2).

On remarquera qu'à 100 m (fig. 1) les déviations sont très minimes et n'auraient exigé aucun sondage supplémentaire ; à 200 m (fig. 2), les sondages 5, 6 et 7 se concentrent en des points très voisins et laissent une brèche entre eux et le groupe 8, 9, 10, également concentré : les sondages supplémentaires 6 bis et 7 bis ont obstrué cette fissure ; il existait encore une interruption entre 11 et 13 (sondage 11 bis), entre 19 et 22 (sondage 20 bis), entre 27 et 29 (sondage 28 bis). Au niveau de 300 m, le sondage 7 bis suffit à lui seul pour obstruer la brèche entre 5-6-7 et 9-10 ; le sondage 6 bis n'a été poussé que jusqu'à 272 m ; le sondage 11 bis continue son office à 300 m ; les sondages 8 et 20 dévient fortement vers l'extérieur, s'échappant de la ceinture de glace : à 330 m, le sondage n° 1 s'ajoute aux deux précédents ; le sondage 16 bis renforce, comme déjà au niveau de 300 m, le mur dans une partie où les sondages de 12 à 16 sont fortement enchevêtrés ; le 22 bis se plante entre les 22 et 23, tandis que le 28 bis continue à remplacer le 28 fortement dévié. Au niveau de 300 m, il existe bien une légère brèche entre les 27 et 29-30, mais elle disparaît au niveau de 330 m. Le liséré noir formant l'enveloppe des cercles d'influence fait ressortir d'une manière plausible l'allure du mur de glace.

Nous avons dit plus haut qu'à Winterslag, la Société de Ressaix pousse d'emblée la congélation dans le Hervien, soit 428 m. 27 sondages, répartis sur une circonférence de 11 m de diamètre, sont déjà exécutés au premier puits et l'on commence ceux du second puits. La vérification des déviations à l'aide du téléclinographe a donné d'excellents résultats.

Dans l'étude, déjà citée (1), on trouvera une description du téléclinographe et différents détails d'emploi ; nous nous bornerons à donner (fig. 5) l'épure des déviations mesurées des sondages du puits n° 1 au 1^{er} mars 1911. On voit que les plus fortes déviations ont été de 5 m environ à la profondeur de 430 m.

Ainsi qu'on a pu le voir par ce court exposé, on est entré, en Campine, dans la phase des réalisations prochaines ; à première vue, il a pu sembler à certaines personnes que, depuis l'octroi des concessions en 1906, la mise en valeur du bassin ait été menée avec quelque lenteur : il suffit de réfléchir quelque

(1) *Annales des Mines de Belgique*. 2^e livraison de 1911.

(2) La position des sondages à 330 m a été obtenue par extrapolation, en prolongeant l'inclinaison du dernier tronçon de 5 m relevé dans chaque sondage : en effet, pour éviter de placer l'appareil dans les boues qui s'accumulent au fond de chaque trou, les dernières mesures ont été opérées à des niveaux variant de 307 m à 327 m.

peu pour se convaincre qu'il n'était guère possible d'aller plus vite. C'est que, une fois les concessions accordées, le problème des creusements de puits se dressait avec toutes ses difficultés, encore insoupçonnées, car les sondages effectués précédemment, avec la hâte fébrile d'arriver au gîte, n'avaient fourni aucune donnée sérieuse sur la nature des terrains à traverser. Des sondages spéciaux, menés d'une façon rationnelle, permirent l'observation méthodique des terrains, de leur nature, des venues d'eau, etc. Le choix de l'emplacement du premier siège exigeait de même une étude approfondie du gisement, des voies de communications, etc.; de tous ces travaux, lents par nature, est résulté le choix du procédé de fonçage et de l'emplacement des

puits. Puis viennent les achats des terrains nécessaires, source fréquente de retards et difficultés diverses. On peut donc dire que l'on n'a pas perdu de temps si l'on songe que les machines à glace pourront être mises en marche très prochainement pour trois des sièges en création; si aucun accroc ne se produit, le houiller sera atteint dans trois ans environ. Ce ne sera pas encore le début de l'exploitation, mais dès ce moment les difficultés spéciales seront vaincues et l'on pourra considérer comme résolu le problème qui, il y a quelques années encore, eût paru inabordable.

Ad. BREYRE,

Ingénieur au Corps des Mines de Belgique.

GÉNIE MARITIME

L'INSTITUTION DES NAVAL ARCHITECTS

COMPTE RENDU TECHNIQUE DU CONGRÈS

TENU A LONDRES A L'OCCASION DU CINQUANTENAIRE DE L'INSTITUTION (1)

(Suite.)

Inauguration du Bassin d'expériences du Laboratoire national de Physique.

Le 5 juillet a eu lieu, au Laboratoire National de Physique, l'inauguration du Bassin d'expériences, pour l'étude, sur modèles réduits, de la résistance des carènes de navires.

La construction de ce bassin avait été proposée, dès 1901, par M. Yarrow, au meeting de l'Institution des N. A. à Glasgow.

Le comte de Glasgow, président de l'Institution en 1903, et sir William White avaient appuyé cette proposition et suggéré de faire de ce bassin une annexe du Laboratoire National de Physique de Teddington.

M. Yarrow, en 1908, offrit généreusement 20 000 livres (500 000 fr) pour la construction du bassin, sous la condition qu'une rente de 2 000 livres (50 000 fr) serait garantie pendant dix ans par d'autres donateurs, pour assurer le fonctionnement de l'établissement.

L'Institution des Naval Architects a répondu à cette offre en s'inscrivant pour une garantie annuelle de 1 340 livres (33 500 fr). Le Comité exécutif du Laboratoire National a garanti le complément des 2 000 livres annuelles.

Il est extrêmement remarquable que le million de francs nécessaire provienne ainsi exclusivement de souscriptions privées.

— Le *Laboratoire National de Physique* comprend un grand nombre de sections :

Thermométrie, mesures électriques, étalons électriques, optique, météorologie, électrotechnique, métrologie, résistance des matériaux, aéronautique, métallurgie et chimie métallurgique.

Il doit s'accroître incessamment d'un laboratoire de micrographie pour les métaux, par la générosité de sir Julius Wernher.

Il constitue un ensemble de bâtiments dont nous donnons le plan (fig. 1); il est situé à Teddington, dans la banlieue de Londres.

La cérémonie d'inauguration du Bassin a eu lieu sous la présidence de Sir Archibald Geikie K.C.B., président de la Société Royale.

Après un discours de Lord Rayleigh, quelques mots du généreux donateur M. A. F. Yarrow, et une réponse du marquis de

Bristol, président de l'I. N. A., la marquise de Bristol a été invitée à mettre en marche le chariot électrique de traction. Celui-ci a exécuté ainsi sa première course au-dessus du bassin, emportant sa marraine et quelques privilégiés.

L'assistance comprenait, entre autres notabilités : S. William

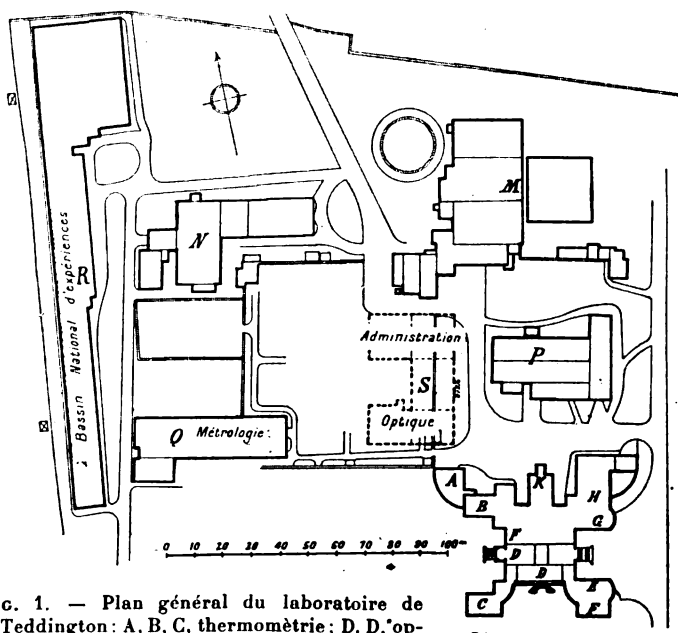


FIG. 1. — Plan général du laboratoire de Teddington : A, B, C, thermométrie; D, D', optique; E, étalons électriques; F, F', mesures électriques; G, H, métallurgie; K, générateurs électriques; M, machines et aéronautique; N, métallurgie; P, électrotechnique et photométrie; Q, météorologie; R, bassin national d'expériences; S, administration et optique (en construction).

Crookes, le prince Roland Bonaparte, Lord Rayleigh, S. William White, M. Bertin, S. Philipp Watt, S. C. Parsons et la plupart des délégués étrangers.

— Le rôle des bassins d'expériences de ce genre est, comme on le sait, de permettre l'étude, sur modèles réduits, de la résistance des carènes.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (octobre 1911), n° 10, p. 544.

La détermination, *a priori*, de la résistance qu'éprouvera un navire de formes déterminées se déplaçant dans l'eau avec une certaine vitesse, est indispensable au constructeur pour déterminer les dimensions et la puissance du moteur, qui doit actionner ce navire.

Depuis Newton et Euler, un grand nombre de savants et d'architectes navals ont essayé d'établir une théorie générale de la résistance des carènes. Dans la plupart des théories, la marche suivie a consisté à s'élever du simple au composé, du moins en ce qui concerne la forme du corps flottant, en passant du plan mince à des carènes prismatiques ou cylindriques, terminées par des parties effilées géométriquement définies.

Mais en réalité, la simplicité des solides géométriques n'entraîne aucunement la simplicité du phénomène mécanique. Ainsi, dans le cas du plan mince, les mouvements du liquide environnant sont beaucoup plus complexes que dans le cas d'une carène à formes bien continues.

Quoi qu'il en soit, cette méthode a été, et est encore l'objet de recherches incessantes; elle est loin d'avoir conduit à l'établissement de formules générales. On ne possède que des formules particulières, où l'on doit demander à l'expérience la valeur des coefficients réducteurs. Cette méthode imparfaite est, par suite, absolument insuffisante lorsqu'il s'agit de déterminer la résistance d'un bâtiment s'éloignant notablement, soit par ses formes, soit par sa vitesse, des bâtiments déjà construits.

Depuis une trentaine d'années, on utilise, dans beaucoup de pays, une méthode appliquée pour la première fois en Angleterre par W. Froude, et qui consiste à déterminer, par remorquage direct, la résistance d'un modèle à échelle réduite du navire projeté, et à en déduire la résistance du navire lui-même. Cette méthode est basée sur la théorie de la similitude mécanique, qui a été formulée pour la première fois par Newton, en 1740, et que Reech, sans avoir eu connaissance des travaux de Newton, avait formulée et introduite, en 1832, dans son cours à l'Ecole d'application du Génie maritime français.

La mesure de la résistance se fait aujourd'hui en remorquant à des vitesses diverses dans un bassin de 100 m à 150 m de long, au moyen d'un chariot mû électriquement, un modèle réduit de la carène projetée. C'est, à l'heure actuelle, le seul moyen précis de détermination.

Pour le moment, la science ne dépasse guère (si l'on ne se contente pas d'approximations grossières) cette détermination de la loi de résistance d'une carène de forme donnée. On peut toutefois améliorer la forme conçue initialement, en observant les vagues formées dans le bassin par le modèle, en retouchant ce modèle, et en recommençant les mesures sur le modèle amélioré.

— Un degré plus élevé de la science sera quelque jour l'établissement de lois générales, permettant de déterminer *a priori* sur plans cette loi de résistance correspondant à une forme donnée; un degré plus élevé encore conduira, pour chaque problème déterminé, au tracé certain de la carène « optima ».

Ces lois, que l'hydrodynamique rationnelle ne peut aujourd'hui fournir, résulteront sans doute de l'accumulation d'expériences de l'espèce de celles dont nous parlons. Les bassins d'essai auront alors accompli leur rôle et ne seront plus nécessaires que pour des vérifications.

— Voici le principe de la similitude mécanique de Newton, sous la forme dans laquelle on l'énonce aujourd'hui :

Si nous considérons deux ensembles matériels E_1 et E_2 (dans le cas qui nous occupe le bâtiment et son modèle), on dit que ces deux ensembles sont mécaniquement semblables, s'il est possible de trouver deux systèmes d'unités de longueur, de temps et de masse L_1, M_1, T_1 , et L_2, M_2, T_2 tels que, un élément quelconque du premier ensemble, mesuré avec le système 1, et l'élément correspondant du second ensemble, mesuré avec le système 2, soient exprimés par le même nombre.

Si donc, dans deux ensembles E_1 et E_2 , TOUTES LES DONNÉES

d'un problème satisfont aux lois de la similitude, les quantités déterminées par ces données y satisferont également, parce que, quelles que soient les lois (inconnues) qui relient les effets aux causes, leur application à des nombres égaux (dans les systèmes d'unités respectifs), donnera des résultats égaux.

Il sera donc possible de déduire la valeur d'un élément quelconque du premier ensemble (bâtiment), de la mesure de l'élément correspondant du second ensemble (modèle).

— S'il s'agit de systèmes *pesants*, la condition nécessaire pour que la similitude soit réalisée est que les forces soient dans le rapport des masses (c'est-à-dire s'il intervient un liquide de densité constante, du cube des dimensions linéaires), et les vitesses, dans le rapport des racines carrées de ces mêmes dimensions.

Telle est la loi de similitude de Newton, envisagée par son auteur à un point de vue purement spéculatif, dont Reech a prévu, et Froude réalisé, l'application aux résistances de carènes. Appliquée à un navire et à son modèle, elle se réduit à l'expression suivante :

Quand deux navires semblables ont des vitesses proportionnelles aux racines carrées de leurs dimensions linéaires homologues, leurs résistances sont proportionnelles aux cubes de ces mêmes dimensions, c'est-à-dire aux déplacements.

Il est bien entendu que cette loi s'applique à des carènes idéales, parfaitement lisses et se mouvant dans un liquide parfait : en d'autres termes, elle ne tient pas compte des frottements. Mais avec certaines corrections que l'expérience a apprises, on peut l'appliquer, sans grande erreur, aux conditions pratiques d'expérience.

La mise en application de ces idées date de 1874.

A cette époque, William Froude, qui ignorait d'ailleurs les travaux de Reech, se fit, en Angleterre, le champion de cette nouvelle méthode expérimentale et entreprit à cet effet les célèbres expériences du *Greyhound*. Le *Greyhound* était un petit bâtiment de 50 m environ. Froude en fit construire plusieurs modèles réduits à diverses échelles. Ces modèles et le *Greyhound* lui-même furent tour à tour tirés à vitesse uniforme par un remorqueur puissant. Dans chaque série d'expériences, les divers flotteurs étaient respectivement remorqués aux vitesses homologues d'après la loi de similitude. Les résistances mesurées au dynamomètre furent aussi concordantes avec les indications de la loi de similitude que le permettaient les conditions défectueuses de l'expérience. A la suite de cette démonstration convaincante, la construction d'un bassin pour modèles fut alors décidée par l'amirauté anglaise. C'est à Chelston Cross, près de Torquay, où Froude habitait, que fut construit ce premier bassin qui avait 90 m de longueur, 11 m de largeur et 3 m de profondeur. Jusqu'à la fin de sa vie, c'est-à-dire pendant cinq ans, Froude y continua ses expériences.

Vers la même époque, en France, M. Risbec, ingénieur de la marine, faisait, à Brest, une installation fondée sur les vues de Reech. Des modèles, en bois recouverts de paraffine, étaient remorqués par une plate-forme flottante, qui portait les appareils enregistreurs, et qui était elle-même entraînée par un treuil à vapeur. Le tout se passait dans une cale de radoub. M. Risbec, puis M. Dubeout, se livrèrent à de longues expériences et, malgré l'insuffisance et la rusticité de l'installation, arrivèrent aux résultats les plus encourageants.

L'exemple ainsi donné par la France et par l'Angleterre fut bientôt suivi par d'autres marines.

Mais chaque installation nouvelle marqua un progrès sur les précédentes.

Les bassins ont d'abord été soustraits à l'action de l'atmosphère en étant placés sous des hangars clos. Les effets réflexes perturbateurs des parois ont été atténués par l'accroissement de la largeur et de la profondeur. L'attention s'est portée enfin sur la nécessité d'un mouvement réellement uniforme; la question a fait

un grand pas à cet égard, par l'adoption de la traction électrique.

À l'heure actuelle, un assez grand nombre de bassins d'expériences existent dans les marines militaires ou dans des chantiers privés. Voici la liste et les dimensions des principaux bassins existants :

DÉSIGNATION DES BASSINS	DATE de la construction	LONGUEUR utile	LARGEUR	PROFONDEUR
Dumbarton (Glasgow) .	1882	84 m	7 ^m 90	3 ^m 05
Haslar-Gosport. . . .	1886	110	6,10	2,80
Saint-Petersbourg. . .	1887	114	6,64	»
La Spezzia	1889	144	6,00	3,00
Ubigau (Dresde)	1891-92	62	8,00	»
Washington.	1896-98	117	13,00	4,50
Bremerhaven	1899-00	145	6,00	3,20
Berlin	1901-02	146	10,50	3,50
Paris	1905	135	10,00	4,00
Clydebank	»	122	6,00	2,90
Japon	»	137	6,00	3,65
Michigan	»	91	6,70	3,05
Teddington	1911	150	9,14	3,70

Celui de Paris a été inauguré le 9 juillet 1906 par M. Thomson, ministre de la Marine.

Le bassin de Teddington se distingue par une recherche toute particulière de la précision dans le montage du chemin de roulement.

Ce bassin d'expériences a été construit par MM. Dick, Kerr et C^e sur les plans du D^r R. T. Glazebrook. La machinerie est de MM. Mott et Hay.

La figure 2 donne les plans de la maçonnerie.

La situation du terrain a donné, au début, quelques inquiétudes

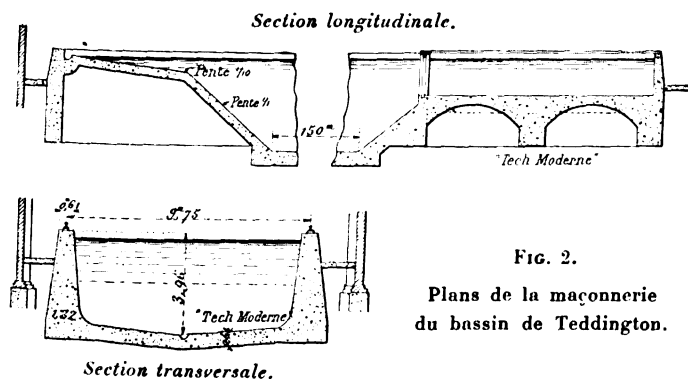


FIG. 2.

Plans de la maçonnerie du bassin de Teddington.

à cause de la présence d'une nappe d'eau sous-jacente. La difficulté a été surmontée.

Le marché contenait une clause très intéressante relative à l'étanchéité. L'évaporation et l'infiltration ensemble ne devaient pas donner une perte supérieure à 1 000 gallons (4 543 litres) par vingt-quatre heures à la température de 56° F (13° C).

Cette condition n'a été réalisée qu'avec beaucoup de difficultés. Les murs, bien que construits avec soin, ont présenté des fissures, dues non à la pression, mais à la contraction de la maçonnerie.

La solution adoptée a été de faire les murs du bassin par tranches séparées entre elles par des sortes d'entailles destinées à être mastiquées ultérieurement, quand la contraction serait terminée.

Pour déterminer la longueur des tranches, les constructeurs ont utilisé les relevés faits sur un conduit souterrain exécuté récemment à Walton-on-Thames. Ce conduit a été fait avec des

matériaux identiques à ceux du bassin d'essais; seulement le volume de maçonnerie par mètre courant était à celui du bassin dans le rapport de 9 à 8.

Les criques du conduit de Walton s'étaient produites à des distances assez régulières de 53 à 55 pieds (16^m,50 environ).

Partant de la théorie que les fêlures apparaissent à des distances variant en raison inverse du cube de maçonnerie par mètre courant, les entailles ont été pratiquées à des intervalles de 60 pieds (18 m).

La largeur des entailles a été soigneusement observée pendant six mois (de décembre à juillet).

Voici le résultat de ces mesures :

Au bout d'un mois, la largeur des entailles s'était accrue de 3/100 de pouce (0^{mm},76), en sorte que si le mur avait été continu, il est vraisemblable qu'il aurait présenté tous les 18 m une fente de 3/4 de millimètre.

A partir de ce moment, la largeur des fentes n'a plus paru affectée que par les écarts de température. Après que les sections ont paru avoir acquis leur état normal, les entailles ont été cimentées, et, par précaution, un joint plastique a été fait entre les tranches adjacentes, au moyen d'une bande de glu marine, insérée dans une saignée en queue d'aronde pratiquée dans le ciment (fig. 3).

Le résultat a été satisfaisant.

Au bout de six mois de remplissage, le bassin ne présentait aucune fissure, et sa perte par évaporation, infiltration, etc., est inférieure à 50 gallons (225 litres) par vingt-quatre heures, ce qui est un résultat réellement remarquable.

Sur les deux bords du bassin sont les rails horizontaux de roulement pour le chariot. Il est nécessaire, pour éviter les variations de force vive du chariot, et par suite les variations de vitesse du modèle, que ce chemin soit parfaitement horizontal.

Or, sur le bassin de Teddington, cette condition a été recherchée avec un soin véritablement méticuleux.

La différence de niveau entre deux points quelconques est, dit-on, inférieure à 5/1 000 de pouce, soit environ 1/8 de millimètre.

La ligne supérieure est ainsi non pas, dit le memento distribué à cette occasion, une ligne droite, mais une parallèle à la courbure de la Terre, à moins de 1/8 de millimètre d'erreur.

[La flèche due à la courbure de la Terre sur une longueur de 120 m, est en effet de 0^{mm},3, c'est-à-dire supérieure aux inégalités de la ligne réalisée.]

C'est la première fois, à notre connaissance, qu'une telle perfection du chemin de roulement a été exigée.

Le chariot, mû électriquement, forme une sorte de pont roulant en charpente d'acier. Son poids en ordre de marche est de 15 t. Il est mû par quatre moteurs verticaux tournant à 1 200 tours sous 600 volts. Une série de réducteurs de vitesse est intercalée entre les moteurs et les quatre roues, lesquelles sont, bien entendu, rigoureusement solidaires (fig. 5).

La commande du controller se fait du chariot lui-même.

La vitesse du chariot peut varier de 1 à 25 pieds par seconde (0^m,30 à 7^m,62).

La longueur usuelle des modèles, en bois recouverts de paraffine et taillés rigoureusement suivant la forme de la carène à étudier, est de 5 m environ. Lorsqu'un tel modèle représente par exemple un bâtiment de 125 m, le rapport des dimensions linéaires est $\frac{1}{25}$ et le rapport des vitesses homologues est par conséquent de $\frac{1}{5}$. La gamme de vitesses du chariot correspond donc

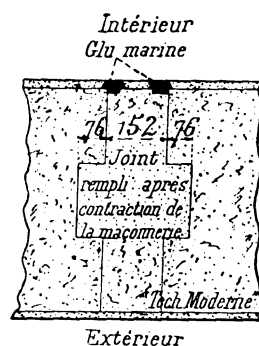


FIG. 3. — Détails du joint de deux tronçons de maçonnerie consécutifs.

à des vitesses réelles du navire comprises entre 1^m,50 et 38 m à la seconde (3 nœuds à 75 nœuds). Pour des bâtiments de 45 m de

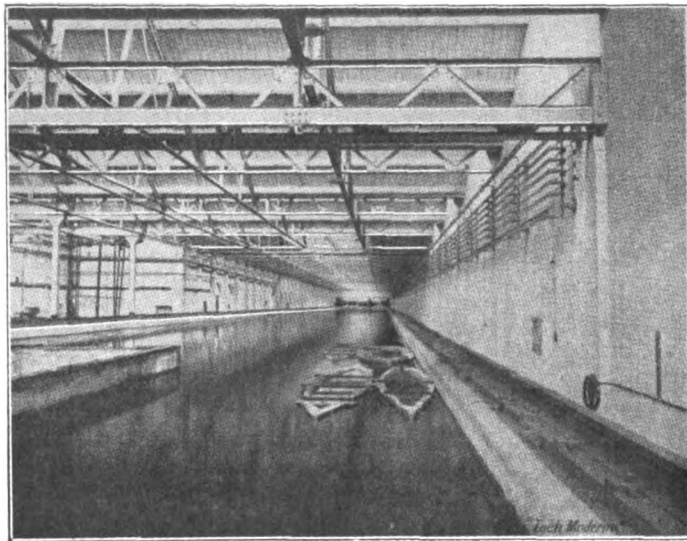


FIG. 4. — Vue générale du bassin, le chariot étant au fond.

long (taille des sous-marins moyens), le rapport de similitude est $\frac{1}{9}$, le rapport des vitesses homologues $\frac{1}{3}$ et la gamme de vitesses

réalisable correspondrait à des vitesses du navire comprises entre 2 nœuds et 40 nœuds. Toutes les allures pratiques des

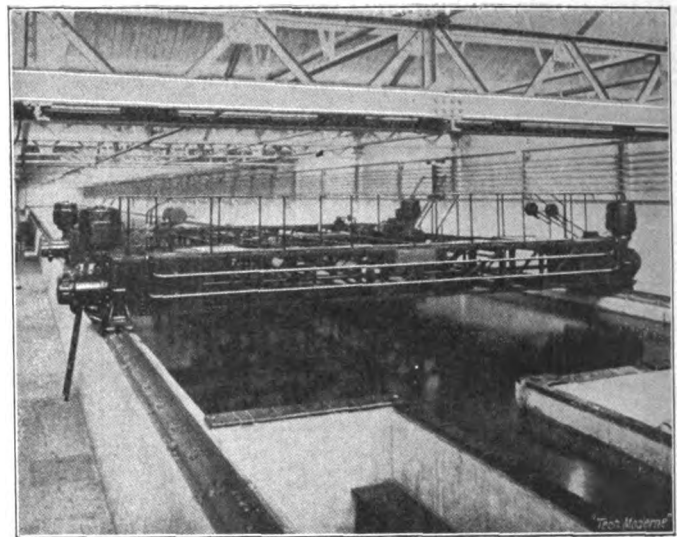


FIG. 5. — Vue générale du chariot électrique de traction.

navires réels sont donc largement encadrées par les limites de vitesse de l'appareil.

(A suivre.)

A. MARBEC,

Ingenieur en chef du Génie maritime.

TRAVAUX PUBLICS

APPLICATIONS DE L'AIR COMPRIMÉ A LA PERFORATION DES GRANDS SOUTERRAINS.

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Au fur et à mesure qu'on a conçu, en matière de travaux publics, notamment en ce qui concerne le percement des montagnes, des projets de plus en plus vastes, on s'est toujours trouvé en face d'un problème ardu : le perfectionnement de l'outillage nécessaire à l'exécution des plans. C'est pourquoi il faut admirer les ingénieurs qui ont entrepris, en 1851, le premier tunnel sous les Alpes (mont Cenis) sans autre outillage que des burins et sans explosif. L'avancement n'y fut que de 1 645 m en quatre ans, mais pendant ce temps d'autres ingénieurs travaillaient à la création d'outils permettant l'emploi de la poudre pour la désagrégation de la roche. Les perforatrices à air comprimé Sommeiller furent mises en service en 1861, et le tunnel, long de 12 850 m, fut achevé en 1871, ce qui correspond à un avancement de 1 100 m par an, presque quadruple de celui réalisé pendant les quatre premières années.

Depuis cette époque, aux travaux de percement du mont Saint-Gothard, de l'Aarlbjerg, du Simplon et plus récemment au Lœtschberg, les avancements ont été beaucoup plus grands, grâce aux perfectionnements incessants apportés à l'outillage et aux explosifs.

Le but de notre étude sera d'indiquer l'état actuel de l'outillage à air comprimé qui a permis la réalisation rapide de projets présentant au premier abord d'insurmontables difficultés. Nous examinerons d'abord les compresseurs, puis les perforatrices.

II. — LA COMPRESSION DE L'AIR.

Lorsqu'un fluide passe d'un état initial A_1 à un état final A_2 , à l'aide d'une transformation $p v^k = c^k$, il suffit de se donner la valeur de la pression finale p_2 , par exemple pour déterminer le volume v_2 et la température T_2 , à l'aide des équations :

$$p_1 v_1^k = c^k \quad \text{et} \quad p_1 v_1 = R T_1.$$

On déterminera également le travail fourni et la quantité de chaleur Q positive ou négative à l'aide de la relation :

$$\text{En effet, le travail} \quad p_1 v_1^k = p_2 v_2^k.$$

$$\mathfrak{S} = \int_{A_1}^{A_2} p dv;$$

or :

$$\int_{A_1}^{A_2} p dv = c \int_{A_1}^{A_2} v^{-k} dv = \frac{c}{-k+1} \left[v_2^{-k+1} - v_1^{-k+1} \right]$$

$$\mathfrak{S} = \frac{p_2 v_2 - p_1 v_1}{-k+1},$$

ou, en fonction de la température, en remarquant que :

$$\begin{aligned} p_1 v_1 &= R T_1, \\ p_2 v_2 &= R T_2, \\ \mathfrak{S} &= \frac{R(T_2 - T_1)}{-k+1}. \end{aligned}$$

Il est intéressant d'avoir cette relation uniquement en fonction de la température initiale T_1 .

On a :

$$p_1^{\frac{1}{K}} v_1 = p_2^{\frac{1}{K}} v_2$$

et :

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{p_1 v_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{1-\frac{1}{K}}$$

D'où :

$$\bar{s} = \frac{RT_1}{-K+1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{1-\frac{1}{K}} - 1 \right] = \frac{RT_1}{-K+1} \left[\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{-K+1} - 1 \right].$$

La quantité de chaleur sera donnée par :

$$dQ = cdT + A p dv,$$

d'où :

$$Q = \int_{A_1}^{A_2} cdT + A p dv,$$

$$Q = C(T_2 - T_1) + A \int_{A_1}^{A_2} p dv,$$

$$Q = C(T_2 - T_1) + A \bar{s},$$

$$Q = \frac{R}{-K+1} (T_2 - T_1) \frac{C(1-K) + AR}{R},$$

et en posant :

$$C + AR = C' \quad \text{et} \quad \frac{C'}{C} = \gamma,$$

$$Q = c \frac{(\gamma - K)}{1 - K} (T_2 - T_1).$$

Pour une transformation adiabatique $K = \gamma$, d'où :

$$\bar{s} = 71.42 T_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0.29} - 1 \right]$$

et pour une transformation isothermique :

$$\bar{s} = 67.42 T_1 \log \left(\frac{p_2}{p_1}\right).$$

Appliquons ces formules à un compresseur.

Il s'agit de déterminer le travail total qui comprend :

- 1° Le travail d'aspiration;
- 2° Le travail de compression;
- 3° Le travail de refoulement.

$$\bar{S} = \bar{S}_{\text{asp}} + \bar{S}_{\text{comp}} + \bar{S}_{\text{refoult.}}$$

Pour chacun de ces travaux, on doit considérer les pressions qui s'exercent sur les deux faces du piston; le travail est dû à leur différence.

Pendant l'aspiration, il n'y a pas de travail puisque la pression est la même sur les deux faces; pendant la compression, le travail est théoriquement isothermique ou adiabatique suivant les cas; enfin le travail de refoulement est égal à $R(T_2 - T_1)$.

Pour une transformation isothermique $T_2 = T_1$, le travail de refoulement n'exige rien, il n'y a qu'un travail de compression égal à :

$$\bar{S}_{\text{is}} = 67.42 T_1 \log \frac{p_2}{p_1}.$$

Pour une transformation adiabatique :

$$\begin{aligned} \bar{S} &= \frac{R}{\gamma-1} (T_2 - T_1) + R(T_2 - T_1) \\ &= 101 T_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0.29} - 1 \right]. \end{aligned}$$

Si nous appliquons ces formules à un cas concret, nous pourrions juger quelle est celle des deux transformations qui donne le travail minimum :

Soit :

$$t_1 = 27^\circ, \quad T_1 = 273 + 27 = 300^\circ, \quad \frac{p_2}{p_1} = 6^K.$$

La compression isothermique donnerait :

$$\bar{S}_{\text{is}} = 67.42 \times 300 \log 6 = 15\,739 \text{ kgm}$$

par kilogramme d'air comprimé.

Pour la compression adiabatique :

$$\bar{S}_{\text{ad}} = 101 \times 300 \times (6^{0.29} - 1) = 20\,430 \text{ kgm},$$

la température finale serait $T_2 = 493^\circ$, $t_2 = 220^\circ$.

La réalisation d'une compression isothermique ou adiabatique est impossible physiquement parlant : il s'agirait, en effet, de comprimer d'une part un gaz à température constante, ce qui suppose une paroi d'une conductibilité parfaite; d'autre part, la compression devrait se faire, pour rester adiabatique, dans une enceinte de conductibilité nulle.

Il faut donc, dans la pratique, chercher à se placer dans des conditions telles que la transformation effectuée se rapproche le plus possible d'une transformation isothermique correspondant au minimum de travail. On y arrive en refroidissant l'air pendant la compression, et en utilisant des compresseurs compound à réfrigérant intermédiaire dont nous verrons plus loin les avantages. Le diagramme de la figure 1 montre les résultats obtenus dans les compresseurs tout à fait modernes. La quantité d'eau nécessaire pour obtenir un abaissement de température peut se déterminer très facilement de la manière suivante : Soit : $Q = A\bar{s}$ la chaleur à absorber; si chaque kilogramme d'eau absorbe la chaleur correspondant à la différence de température $T_1 - T_0$, on aura : $x = \frac{T_1 - T_0}{A\bar{s}}$ kg d'eau par kilogramme d'air comprimé.

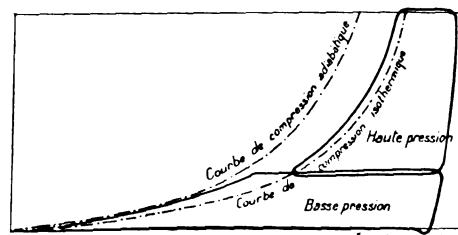


FIG. 1. — Diagramme relevé sur un compresseur compound.

III. — CHOIX DES COMPRESSEURS.

Pour une installation de tête de souterrain, une question de la plus haute importance est à résoudre : c'est celle du choix d'un type de compresseur.

Les compresseurs à injection d'eau sont de prime abord à éliminer, à cause de leur rendement trop faible et des inconvénients résultant du contact de l'air et de l'eau de refroidissement.

Le besoin d'avoir de puissantes installations électriques pour la commande des nombreuses machines nécessaires aux travaux et la facilité de se procurer l'énergie déterminent, en général, l'entrepreneur à choisir un compresseur à commande électrique plutôt qu'un compresseur à vapeur, qui nécessite l'installation d'une station centrale de vapeur.

Ici encore, deux questions se posent : Doit-on prendre un compresseur à commande par courroie, ou un compresseur à accouplement direct?

Lorsqu'on dispose d'un emplacement suffisant, la première solution est, à notre avis, la plus avantageuse : 1° au point de vue économique; 2° au point de vue de l'établissement du groupe.

En effet, les compresseurs tournent à vitesse réduite, les moteurs accouplés directement sont par suite plus onéreux, car les diamètres de rotor et stator sont plus grands; d'autre part, la construction de l'ensemble, exécutée habituellement par deux constructeurs différents, est plus délicate.

L'augmentation de prix d'un groupe à accouplement direct sur un groupe à courroie est supérieure à l'économie réalisée sur les fondations et la courroie.

Au point de vue du voltage du moteur, on peut adopter, chaque fois que cela est possible, la haute tension qui évite une transformation d'énergie. Toutefois, étant donné, d'une part, que le personnel des travaux ne peut être comparé au personnel d'une station centrale, et, d'autre part, que la construction des moteurs est de plus en plus délicate au fur et à mesure de l'augmentation de la tension, il est bon de ne pas dépasser 6 000 volts aux bornes des moteurs. Les compresseurs, faisant d'ordinaire de 120 tours à 200 tours, la vitesse de moteurs pourra varier de 400 tours à 600 tours.

IV. — CARACTÉRISTIQUES DES COMPRESSEURS.

Les compresseurs doivent avoir un rendement volumétrique très élevé; les constructeurs arrivent aujourd'hui à garantir 93 %, chiffre très suffisant et qui ne peut être atteint qu'avec les compresseurs compound.

Ces derniers, qui doivent toujours être employés pour des puissances supérieures à 40 chevaux, présentent de gros avantages sur les compresseurs à phase unique, non seulement au point de vue du rendement, mais encore au point de vue de la puissance absorbée.

Le tableau I montre l'économie réalisée en chevaux pour diverses pressions dans la compression de 1 m³ d'air.

TABEAU I.

PRESSION manométrique kg par cm ²	COMPRESSION simple	COMPRESSION en deux étages	ÉCONOMIE	
			chevaux	%
5,200	5,300	4,60	0,70	12,42
5,600	5,500	4,800	0,70	12,71
5,900	5,750	5,00	0,75	13,06
6,600	6,00	5,21	0,79	13,53
7,000	6,35	5,40	0,95	14,73

Cette économie est due au refroidissement plus complet qu'il est possible de donner à l'air pendant la compression, grâce au réfrigérant intermédiaire qui permet de ramener l'air, sortant du cylindre basse pression, presque à sa température initiale, avant son entrée dans le cylindre haute pression. Dans un compresseur monocylindrique, la réfrigération par circulation d'eau autour du cylindre qui est la seule possible, n'a qu'un effet restreint à cause de la faible conductibilité; d'autre part, l'augmentation de température de l'air n'a lieu qu'à la fin de la course, au moment où les surfaces refroidissantes sont minima.

Les perforatrices et les marteaux fonctionnent généralement à une pression variant de 6 kg à 8 kg. Il est d'usage de prévoir un compresseur pouvant comprimer l'air à 10 kg si la longueur des canalisations doit atteindre plusieurs kilomètres, car les pertes de charge sont considérables.

Il est également indispensable, dans le cas de la commande électrique, d'adjoindre au compresseur un dispositif permettant le démarrage à vide, afin de n'être pas obligé de prendre un moteur d'une puissance exagérée et de ne pas créer des à-coups sur le réseau de distribution d'énergie électrique. Avec un tel dispositif, l'intensité correspondant au couple de démarrage du

moteur ne dépassera pas une fois et demie l'intensité en marche normale.

V. — DESCRIPTION DE QUELQUES COMPRESSEURS USUELS.

Deux points particulièrement intéressants à considérer dans les compresseurs actuels sont la distribution et la régulation.

Au point de vue de la distribution, les compresseurs se divisent en deux classes :

- 1° Les compresseurs à distribution par tiroirs;
- 2° Les compresseurs à distribution par soupapes.

Parmi les premiers, nous citerons les compresseurs Duplex et compound de la compagnie Ingersoll Rand qui comportent, pour l'admission, des distributeurs type Corliss commandés par des excentriques calés sur l'arbre principal. Ces distributeurs ou tiroirs ont un diamètre très grand, de manière à offrir à l'air aspiré un passage direct sans laminage; ces organes sont placés dans les cylindres de manière à réduire le plus possible les espaces nuisibles. Les clapets de refoulement sont du type vertical à levée directe; les ressorts de ces clapets ont un grand diamètre et une tension juste suffisante pour n'opposer aucune résistance dans le fonctionnement.

Le compresseur vertical Sentinel (Glaenzer et Perreaud) a sa distribution assurée par un tiroir cylindrique à mouvement rectiligne alternatif, commandé par un excentrique monté sur l'arbre. Des segments métalliques assurent la fermeture rapide des orifices d'admission d'air par le tiroir.

Le compresseur Sullivan est muni d'une distribution à valves rotatives du type Corliss et le mouvement est assuré à l'aide d'une came fixée sur le bouton manivelle.

Enfin les ateliers Rud. Meyer exposaient à Bruxelles un nouveau compresseur sans soupapes, tournant à la grande vitesse de 300 tours par minute. La distribution est à double piston-tiroir entièrement équilibré et réglable de manière à permettre tous les degrés de marche, depuis la marche à vide jusqu'à la marche à pleine charge. Un compresseur de ce type, d'une puissance de 375 chevaux (185 tours), actionné directement par un moteur électrique à 5 000 volts, fonctionnera d'ici quelque temps à l'entreprise du canal de Marseille au Rhône pour le percement du grand souterrain du Rove.

Parmi les compresseurs entièrement à soupapes, il convient de distinguer le nouveau modèle de la compagnie Ingersoll, à admission d'air par le piston et le compresseur Meyer à soupapes automatiques. Ces soupapes (fig. 2, 3) sont à disques; un grand diamètre et une faible course permettent d'obtenir une grande section de passage. Le disque est maintenu sur son siège par une mince lame à ressorts qui agit sans frottement. Une caractéristique de ces deux derniers compresseurs est qu'il n'y a aucun organe extérieur. Des compresseurs semblables fonctionnent aux installations du percement du canal souterrain de Marseille

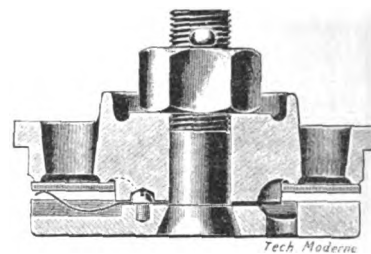


FIG. 2. — Dispositif des soupapes du compresseur système Meyer : soupape d'aspiration.

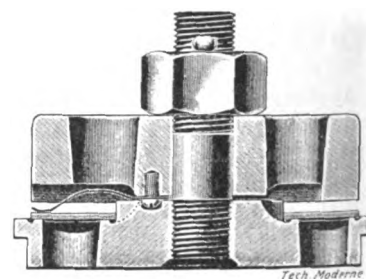


FIG. 3. — Dispositif des soupapes du compresseur système Meyer (soupape de refoulement).

au Rhône, au Lœtschberg, et au Mont-d'Or (ligne de Frasnè-Vallorbe).

Régulation. — Les compresseurs actionnés par moteur électrique doivent fonctionner à vitesse constante sous charge variable; d'autre part, il est indispensable que le compresseur soit muni d'un dispositif permettant le démarrage à vide, afin d'éviter les à-coups sur le réseau : cette condition est d'ailleurs

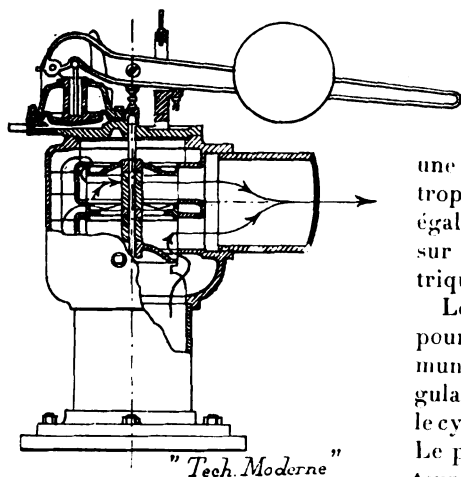


FIG. 4. — Dispositif du régulateur système Ingersoll.

imposée par les secteurs. Enfin, le régulateur doit avoir une action rapide sans cependant occasionner une variation de charge trop brusque, qui aurait également un effet fâcheux sur la distribution électrique.

Les compresseurs compound Ingersoll-Rand sont munis, à cet effet, d'un régulateur spécial monté sur le cylindre basse pression. Le principe de ce régulateur est d'agir sur l'orifice d'aspiration, de façon à en réduire la section et de ne

laisser admettre qu'une quantité en rapport avec les besoins du compresseur. La figure 4 montre une coupe de ce régulateur. Son fonctionnement est le suivant :

Un corps de régulateur, mis en communication d'une part avec l'aspiration du compresseur et d'autre part avec un caniveau amenant l'air extérieur, contient une série de soupapes suspendues par une tige à un levier muni d'un contrepoids. Lorsque la machine fonctionne normalement à pleine charge, l'action du poids maintient un diaphragme fermé. Lorsque la pression croît, le diaphragme, qui est en relation par une conduite avec le réservoir d'air, se soulève et, dans son mouvement, entraîne le contrepoids.

Les soupapes placées sur l'aspiration se collent contre leur siège, étranglant ainsi progressivement l'orifice d'aspiration. Si la pression vient à baisser, les mouvements se produisent en sens inverse et le compresseur aspire de nouveau le volume d'air normal.

Les compresseurs Sentinel (Glaenger et Perreaud) sont égale-

ment munis d'un dispositif répondant aux conditions énoncées plus haut.

Le régulateur automatique de pression est constitué par un diaphragme surmonté d'un ressort réglable. Ce ressort maintient fermé un pointeau. Le dessous du diaphragme est en communication avec les réservoirs d'air. Si la pression dans ce dernier dépasse la pression limite, le diaphragme est soulevé et l'air du réservoir passe par le pointeau pour se rendre à un relais. Ce relais soulève la soupape placée à sa partie inférieure et l'air, affluant sous une vanne, soulève celle-ci et ferme l'entrée d'air. Pour le démarrage à vide, il suffit d'ouvrir le robinet à boisseau qui met en communication le réservoir d'air et la vanne de réglage : celle-ci se ferme et étrangle l'aspiration; lorsque le compresseur a atteint sa vitesse, la fermeture du robinet fait retomber la soupape et le compresseur aspire l'air extérieur (fig. 5).

Il nous reste, pour terminer cet examen rapide des compresseurs employés dans les grands travaux, à mentionner le nouveau compresseur rotatif compound de la maison Meyer. Ce compresseur n'a pas encore été employé dans les installations qui nous occupent, mais il est intéressant à signaler à cause à son

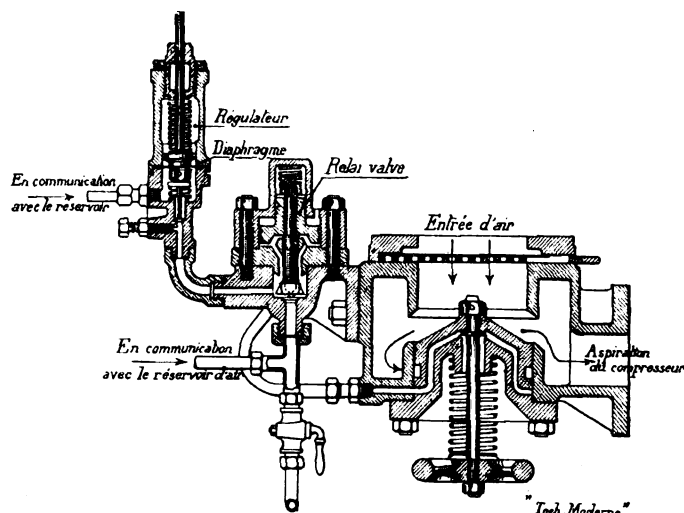


FIG. 5. — Coupe du régulateur type système "Sentinel" avec dispositif de démarrage à vide.

faible encombrement pour un débit atteignant à l'heure 1 300 m³ d'air à la pression atmosphérique; il tourne à la vitesse de 460 tours.

(A suivre.)

H. VILLETARD,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

CHIMIE INDUSTRIELLE

LA FABRICATION DES EXTRAITS TANNIQUES

LEUR ANALYSE ET LEUR EMPLOI (1)

(Suite.)

CLARIFICATION ET DÉCOLORATION DES JUS. — Les jus suffisamment enrichis et titrant environ 4° B sont alors conduits (fig. 4) (2), par l'intermédiaire du tube *t*, dans le réservoir D, puis, par

l'intermédiaire du tube *o*, dans un échangeur de température E, où ils se refroidissent en échauffant l'eau qui sera utilisée pour l'alimentation des cuves à macération. L'échangeur de tempéra-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (octobre 1911), n° 10, p. 562.

(2) Dans la première partie de l'article sur la *Fabrication des extraits tanniques* parue dans notre précédent numéro (voir *La Technique*

Moderne, t. III, n° 10, octobre 1911), nous avons reproduit page 564 un schéma (fig. 4) dont le détail paraît susceptible d'intéresser le lecteur. Voici la nomenclature des différentes parties de cette instal-

ture se compose d'une caisse cylindrique renfermant 200 tubes environ, dans lesquels circule l'eau froide et autour desquels passe le bouillon dont la température s'abaisse jusqu'à 40°.

L'eau, qui a été ainsi échauffée, se déverse dans un réservoir à eau chaude K, d'où elle sera ensuite distribuée dans les cuves de macération par le tube L. L'eau froide nécessaire au fonctionnement de l'échangeur de température provient du réservoir R, alimenté par le tube Y qui le réunit à la pompe O.

Les jus sortant chauds des autoclaves sont limpides; après le passage dans l'échangeur de température, ils sont troubles; aussi on les envoie généralement au filtre-pressé (non figuré), puis on les accumule dans les réservoirs F, où ils subiront la décoloration.

Les procédés de décoloration des bouillons ont été brevetés en grand nombre. Le procédé dit « *au sang* », préconisé par Gondolo, est le seul qui s'emploie à l'heure actuelle pour le châtaignier. Nous mentionnerons cependant, pour mémoire, les différentes méthodes qui ont été essayées puis abandonnées.

La Société Civile des études sur la fabrication perfectionnée des extraits tanniques fit breveter, en 1884, un procédé⁽¹⁾ dans lequel les bouillons, après passage au filtre-pressé, étaient soumis à un turbinage énergique en vue de plaquer contre les parois intérieures de la turbine les parties les plus ténues.

MM. Gillard, Monnet et Cartier⁽²⁾ (actuellement Société Chimique des Usines du Rhône) ont remarqué que l'enveloppe des grains de céréales, entièrement débarrassée d'amidon, jouit de la propriété de fixer les tanins colorés, et ils ont fondé sur cette observation un procédé de décoloration consistant à traiter les jus chauffés entre 80 et 100° par du son ou des drèches.

L'emploi des sulfites, bisulfites, hydrosulfites et hyposulfites pour la décoloration des extraits a fait l'objet d'un certain nombre de brevets, parmi lesquels nous citerons ceux de Carl Eckman⁽³⁾, de Doutreleau⁽⁴⁾, de Lepetit, Dolfus et Gausser⁽⁵⁾, de Dufour⁽⁶⁾, de Klenk⁽⁷⁾. Nous reviendrons sur ces procédés à propos de la fabrication de l'extrait de quebracho, pour laquelle le traitement aux bisulfites présente un intérêt tout particulier. Nous signalerons également l'emploi :

Du protochlorure d'étain, breveté par Serrières⁽⁸⁾ et par Roy⁽⁹⁾;

Du noir animal, breveté par Vourloud⁽¹⁰⁾;

De l'alumine, breveté par Coez⁽¹¹⁾;

Du sulfate de zinc, préconisé par Villon⁽¹²⁾;

Des sels de strontiane, breveté par Delvaux⁽¹³⁾ et par Huillard⁽¹⁴⁾;

Des sels de baryte, breveté par Schenk⁽¹⁵⁾;

lation : B, noria pour le transport du bois; Q, grenier pour le bois découpé; A, autoclaves; D, réservoir des jus provenant des autoclaves; E, échange de température; K, réservoir à eau chaude; R, réservoir à eau froide; F, cuves de décantation pour les jus; G, cuve d'alimentation des appareils de concentration; H, condenseur-réchauffeur; L¹, L², caisses d'évaporation; M, vases de sûreté; J, pompe à vide; N, pompe à jus; O, pompe à eau; I, cuve de dépôt pour l'extrait; c, collecteur des cuves; c', collecteur d'échappement de vapeur des cuves; a, collecteur de distribution de vapeur aux cuves; i, collecteur de vidange des cuves.

(1) Brevet français 161958 (1884) et 165140 (1884).

(2) Voir également Sandford. Brevet français 269628 (1897).

(3) Brevet anglais 5671 A. D. (1882).

(4) Brevet français 163189 (1884).

(5) Brevet français 255698 (1896).

(6) Brevet français 269024 (1897).

(7) Brevet français 316570 (1902).

(8) Brevet français 164984 (1884).

(9) Brevet français 258891 (1896).

(10) Brevet français 157173 (1883).

(11) Brevet français 135842 (1883).

(12) *Monit. scientifique Quesneville*, p. 1266 (1890).

(13) Brevet français 210204 (1890).

(14) Brevet allemand 10799 (1891).

(15) Brevet allemand 7996 (1893).

Du ferrocyanure de potassium, breveté par Roy⁽¹⁾;

De l'amidonate de baryum, breveté par Roy⁽²⁾;

Des chromates alcalins, breveté par Richbourg⁽³⁾;

Des bases, breveté par David⁽⁴⁾;

Des amines en présence d'aldéhydes, breveté par Trillat⁽⁵⁾;

Du nitrate de plomb, breveté par Landini⁽⁶⁾;

De l'acétate de plomb, breveté par Combret⁽⁷⁾, etc., etc.

Ces deux derniers brevets ont été utilisés industriellement pendant un certain temps, mais la mise en liberté d'acide nitrique et d'acide acétique que détermine la décoloration a occasionné des accidents, par suite de l'usure rapide des appareils de concentration; aussi ces méthodes ont-elles été abandonnées.

Comme nous le disions plus haut, le procédé « *au sang* » est le seul qui soit appliqué actuellement pour l'extrait de châtaignier.

Il avait été breveté par Gondolo⁽⁸⁾ en 1879. Le procédé Gondolo, tel qu'il était décrit dans le brevet, consistait à additionner les jus froids de substances albuminoïdes coagulables par l'action de la chaleur. Après brassage, on montait à l'ébullition, et la coagulation des matières albuminoïdes déterminait la fixation des substances en suspension et des tanins les plus colorés. Il suffisait alors d'abandonner le liquide au repos, puis de le filtrer.

Les procédés de Simon et Cie⁽⁹⁾, de Fontenilles et Deformeaux⁽¹⁰⁾, de Morand⁽¹¹⁾, étaient basés sur des principes identiques; ils utilisaient, le premier, le sang; le deuxième, l'albumine d'œuf; le troisième, la caséine.

Les fabriques d'extrait de châtaignier consomment maintenant soit du sang frais (lorsqu'elles se trouvent à proximité des abattoirs), soit du sang desséché à température modérée et encore désigné sous le nom de sang « cristallisé ».

Le sang est battu avec de l'eau froide au moyen d'un appareil à agitation ou d'une pompe rotative, de manière à dissoudre dans l'eau les matières albuminoïdes solubles. On prépare ainsi un liquide titrant 1°B, que l'on mélange au jus tannique à 4° à raison de 200 à 300 litres de solution albuminoïde pour 10 000 litres de jus à 4°; on monte au bouillon. La coagulation se produit alors sous l'action combinée de la chaleur et des tanins colorés. Il suffit alors de laisser refroidir et déposer. Les jus clairs sont soutirés, les boues sont passées au filtre-pressé.

THÉORIE DE LA DÉCOLORATION DES EXTRAITS DE CHÂTAIGNIER.

— Le traitement dit de « décoloration » des extraits de châtaignier a pour but seulement l'élimination des principes les plus colorés contenus dans cet extrait. Ces principes colorés sont constitués par des tanins, d'autant moins solubles et d'autant plus colorés que leur poids moléculaire est plus élevé.

Enlever les tanins les plus colorés d'un extrait revient donc à enlever les tanins les moins solubles.

Or, si l'on remarque que les extraits sont constitués par des solutions colloïdales, nous pourrions dire que les tanins les plus colorés seront ceux qui présenteront le plus de tendance à abandonner la forme colloïdale et à se précipiter sous la forme insoluble.

Cette précipitation peut être activée en introduisant dans le milieu des réactifs entrant en combinaison avec le tanin en donnant des composés franchement insolubles; c'est le cas des

(1) Brevet français 225257 (1893).

(2) Brevet français 217774 (1892).

(3) Brevet français 254877 (1896).

(4) Brevet français 219798 (1892).

(5) Brevet français 223442 (1892).

(6) Brevet allemand 56304.

(7) Brevet français 258305 (1896).

(8) Brevet français 130625 (1879) et 136046 (1880).

(9) Brevet français 223551 (1892).

(10) Brevet allemand 6458 (1893).

(11) Brevet français 174872 (1886).

matières albuminoïdes comme le sang, le blanc d'œuf, l'acétate de plomb, le sulfate de zinc, etc. Il n'est pas douteux que ces réactifs auront une *tendance* à se porter sur les tanins les moins solubles, mais, en réalité, ils agiront en partie sur tous les tanins et détermineront de ce fait des pertes qui seront d'autant plus accentuées que la décoloration a été poussée plus loin. Ces réactifs effectuent un *triage* tout à fait imparfait des tanins; ce triage est d'ailleurs fortement influencé par la manière dont le réactif est introduit dans le jus, et on conçoit facilement qu'on obtient, par exemple, des résultats tout à fait différents en versant le réactif dans le jus tannique ou le jus tannique dans le réactif; cette dernière manière d'opérer étant, par principe, à rejeter.

Il semble qu'il serait intéressant de reprendre cette question à un tout autre point de vue et d'utiliser les connaissances que nous avons maintenant sur la nature et les propriétés des solutions colloïdales.

Le turbinage intensif des liqueurs tanniques séparera bien les micelles les plus lourdes, donc les plus colorées, mais alors la dépense en force motrice sera prohibitive industriellement.

Nous croyons possible d'utiliser les propriétés de précipitation qu'exercent les corps divisés sur les solutions colloïdales pour effectuer le triage exact des tanins colorés peu solubles; cette possibilité ne semble guère douteuse si l'on met à profit les études de filtration industrielle qui ont été effectuées par

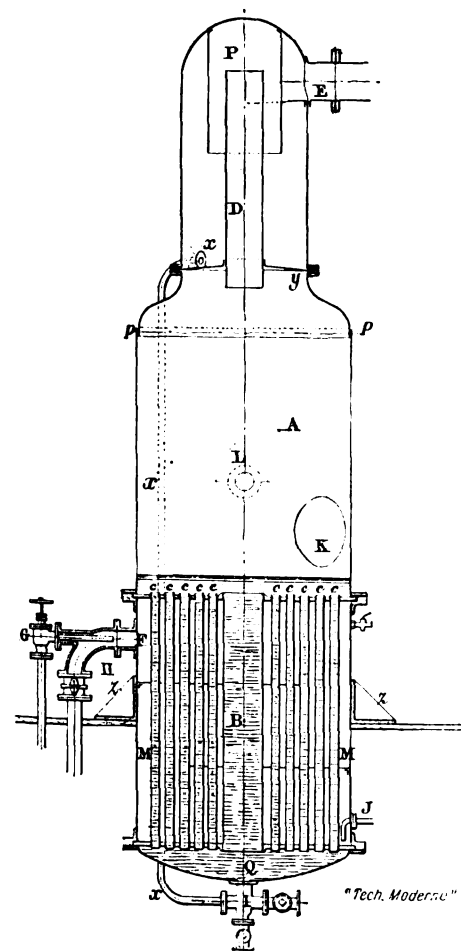


Fig. 6. — Dispositif d'un appareil de concentration à caisse verticale.

MM. Puech et Chabal en vue de la purification des eaux d'alimentation et des eaux d'égout.

L'application de leurs filtres rationnels aux liqueurs tanniques doit permettre une solution, peut-être délicate comme mise au point, mais fort économique, de la décoloration des extraits de châtaignier. Quelques expériences effectuées dans ce but nous permettent d'avancer cette opinion.

Il est bien certain que, dans le procédé Gillard, Monnet et Cartier, l'état de division des substances employées constitue le facteur le plus actif de la décoloration.

La décoloration d'un extrait de châtaignier, surtout si elle est poussée un peu loin, modifie l'activité tannante de cet extrait; elle enlève, en effet, les tanins qui se précipiteraient les premiers sous l'influence de l'état de division fibrillaire de la peau. D'autre part, un extrait bien décoloré fournira des jus qui resteront plus limpides pendant le travail de la tannerie.

De ce qui précède, il résulte donc que le degré de décoloration

d'un extrait doit être établi avec beaucoup de précision, en faisant intervenir à la fois les exigences du consommateur vis-à-vis des indications du colorimètre, les pertes qu'entraîne l'opération et les changements qui se manifestent dans la nature de l'extrait en tant qu'agent de tannage.

CONCENTRATION DES JUS. — Les appareils employés pour la concentration des jus sont identiques à ceux que l'on emploie en sucrerie : ce sont des appareils à concentration dans le vide à caisses verticales (fig. 6).

Ils sont généralement accouplés au nombre de deux ou trois (fig. 7) et trop connus pour que nous ayons à les décrire ici.

Les appareils de Kestner, basés sur le phénomène du « grimpage », qui ont été décrits d'autre part dans cette Revue (1), commencent à être étudiés et appliqués dans l'industrie des extraits.

Si nous nous reportons à la figure 4, les bouillons clarifiés et décolorés sont soutirés par la pompe N et envoyés dans une cuve d'alimentation G.

Avant de pénétrer dans les appareils de concentration, les jus

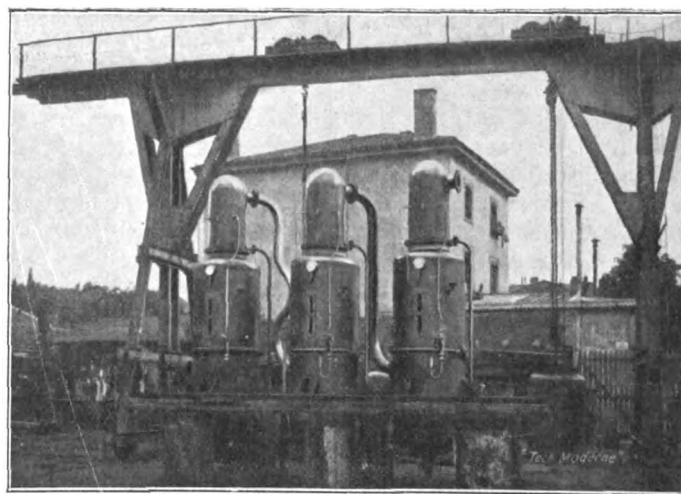


Fig. 7. — Vue d'un appareil à triple effet pour la concentration des extraits.

sont conduits par le tube *a* dans un condenseur-réchauffeur H, contenant environ 50 tubes, dans lesquels ils circulent en s'échauffant, grâce à la vapeur provenant de l'évaporation dans les caisses de concentration L; cette vapeur circule autour des tubes, puis est ensuite aspirée par la pompe à air J.

En sortant du condenseur-réchauffeur, les jus passent dans les appareils d'évaporation pourvus chacun d'un vase de sûreté M.

La première caisse L₁ est chauffée avec de la vapeur d'échappement à une pression d'environ 0 kg 500, qui est amenée par le tube *l*; le vide est d'environ 35.

Les vapeurs résultant de l'évaporation dans la première caisse vont chauffer le faisceau tubulaire de la deuxième L₂, dans laquelle le vide est d'environ 60 à 65. Les vapeurs provenant de l'évaporation dans la deuxième caisse passent ensuite dans le condenseur-réchauffeur H et sont aspirées par la pompe à air J.

Les extraits concentrés jusqu'à 25° B, par leur passage dans les deux appareils L₁ et L₂, sont conduits par le tube *x* dans la cuve à dépôt I.

Les extraits soutirés de la cuve I sont mis en fûts pétroliers pour l'expédition.

Le rendement en extrait, rapporté au poids du bois, varie évidemment avec la nature et l'origine du bois. Dans l'Ardèche,

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 6 (juin 1910), p. 344.

l'Isère et la Savoie, on compte sur un rendement moyen de 20 %, tandis qu'en Corse on peut arriver jusqu'à 25 %.

II. — La fabrication de l'extrait de quebracho.

L'extrait de quebracho utilisé en tannerie provient de l'extraction du bois du « Quebracho Colorado » de la République Argentine, du Paraguay, de l'Uruguay et du Brésil. Il est surtout exploité dans l'Argentine et le Paraguay (1).

Le premier bloc de bois de quebracho fut présenté à l'Exposition de Paris en 1867. En 1875, la maison Dubosc, du Havre, commença à introduire progressivement ce bois dans les tanneries de France, d'Allemagne et de Russie.

La maison Klipstein, de New-York, fit une tentative analogue aux Etats-Unis, d'abord sans succès en 1883 et 1887, puis, avec des résultats progressifs à partir de 1892.

En Allemagne, à partir de 1883, la firme Renner, de Hambourg, poussa avec une très grande activité l'emploi de l'extrait de quebracho en Allemagne.

Enfin, en 1896, MM. Lepetit, Dolfus et Gansser, de Milan, lancèrent sous le nom de « Mimosa D » leurs célèbres extraits de quebracho sulfités, dits « solubles à froid », qui sont utilisés actuellement par toutes les tanneries.

La fabrication de l'extrait de quebracho se pratique de moins en moins en Europe, où l'on se contente souvent de « sulfiter » les extraits secs bruts fabriqués dans l'Argentine.

En 1900, les envois des usines argentines commencèrent par 5 000 t d'extrait sec par an; en 1904, la société « Forestal del Chaco » construisit une nouvelle usine de 25 000 t au nord de *Cachalqui*, dans le *Chaco*; en 1906, une troisième usine fut élevée à *Gallareta*. La même année, ces différents établissements furent repris par la société « Forestal Land Timber and Railways Co Limited », au capital de 42 500 000 fr, qui peut fabriquer dans ses usines 70 000 t d'extrait par an.

Les usines du Paraguay et, en particulier, celles de *Puerto-Sastre*, introduisent également en Europe un tonnage important d'extrait sec. L'usine de Puerto-Sastre, au capital de 10 millions de francs, fournit annuellement 12 000 t d'extrait sec.

La richesse moyenne du bois de quebracho en tanin varie de 22 à 25 %; il renferme peu de matières solubles non tannantes.

La particularité caractéristique du bois de quebracho et de l'extrait sec argentin brut consiste dans ce fait, qu'une très forte partie de son tanin n'est pas soluble dans l'eau froide; il est soluble dans l'eau chaude, mais se précipite par refroidissement. Les tanins insolubles à froid sont fortement colorés en rouge.

L'extraction et la concentration de l'extrait de quebracho se pratiquent comme nous l'avons indiqué à propos de l'extrait de châtaignier. On prépare ainsi soit de l'extrait sec, soit de l'extrait à 25-30° B. Il est peu consommé sous cette forme et il est généralement transformé en extrait soluble à froid par l'opération du « sulfitage ».

EXTRAIT DE QUEBRACHO SOLUBLE DANS L'EAU FROIDE. — La solubilisation des tanins insolubles à froid et à poids moléculaires élevés, contenus dans le bois de quebracho, est réalisée par la sulfonation de ces tanins au moyen du bisulfite de soude.

L'introduction du groupement (SO³Na) dans la molécule tannique détermine comme d'habitude la solubilisation de cette molécule.

Le traitement des extraits ou des bois au bisulfite de soude avait

été proposé depuis longtemps, en particulier, par Carl Eckmann (2) en 1882, puis par Doutreleau (3) en 1884, par Raoul Pictet et Brelaz (3) en 1884, mais les procédés préconisés avaient plutôt en vue la décoloration que la solubilisation.

C'est en 1896 que MM. Lepetit, Dolfus et Gansser (4) brevèrent l'emploi du bisulfite comme agent de solubilisation et lancèrent sur le marché, sous le nom de « Mimosa D », les extraits de quebracho sulfités solubles à froid.

Depuis cette époque, l'emploi du quebracho en tannerie progressa rapidement.

Le sulfitage se pratique généralement à partir des extraits de quebracho argentins, et il consiste simplement par un traitement en autoclave à 140° de cet extrait avec une solution de bisulfite de soude pendant quelques heures.

Un nouvel extrait de quebracho soluble à froid et non sulfité, vient de paraître sur le marché sous le nom d'extrait « Triumph » (brevet Redlich). Son emploi ne s'est pas encore suffisamment développé pour que nous ayons à étudier ses caractères et sa préparation.

AUTRES EXTRAITS TANNIQUES. — En dehors des extraits de châtaignier et de quebracho dont nous venons d'étudier la fabrication, il convient d'en signaler quelques autres, d'importance bien inférieure au point de vue de la consommation :

1° L'extrait de chêne, fabriqué à partir du bois de chêne, de la même manière que l'extrait de châtaignier et qui titre généralement 25° B;

2° L'extrait de sumac, fabriqué en cuve ouverte, à température relativement basse, pour éviter la transformation rapide du tanin du sumac en non-tanin;

3° L'extrait de myrobolam, extrait bon marché, utilisable seulement dans les premières phases du tannage et pour couper les extraits de châtaignier de deuxième qualité;

4° L'extrait de mangrove, extrait fortement coloré en rouge, employé pour couper les extraits de quebracho de marque inférieure.

Nous signalerons enfin les solutions résiduelles de cellulose sulfitique employées en particulier pour le coupage frauduleux du châtaignier.

III. — Recherche qualitative des matières tannantes.

Étant donné que la valeur d'un cuir dépend beaucoup de la nature de la matière tannante qui a servi à le préparer, il en résulte que la valeur commerciale d'un extrait tannique dépend non seulement de la quantité de tanin qu'il contient, mais encore de la nature de celui-ci.

Si l'on a affaire à un extrait pur, préparé à l'aide d'une matière tannante unique, le problème est assez facile à résoudre, et l'on fait usage pour cela de tableaux synoptiques établis en ayant recours à un certain nombre de réactions colorimétriques. Nous signalerons, dans cet ordre d'idées, trois séries de tableaux établis, les premiers par Procter, les seconds par Andreasch, les troisièmes par Trimble.

Nous avons décrit ailleurs (5) ces trois méthodes; aussi nous nous contenterons, dans ce travail de les rappeler brièvement.

(A suivre.)

LOUIS MEUNIER,

Docteur ès sciences.

Chargé de cours à l'Université de Lyon.

(1) Brevet anglais n° 5671 (1882).

(2) Brevet français n° 163 189 (1884).

(3) Brevet français n° 155 026 (1883), addition du 22 août 1884.

(4) Brevet français n° 253 698 (1896).

(5) *La Tannerie*, par Meunier et Vaney, p. 268.

(1) Voir dans *La Technique Moderne*, t. II (juin 1911), n° 61, p. 382, une étude sur « Le bois de quebracho dans l'Argentine ».

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER

Automotrices à courant monophasé à 6 000 volts
des chemins de fer du Sud de la France.

Ces automotrices, qui ont un service relativement pénible, desservent deux lignes de montagne à voie de 1 m, entre Grasse et Pré-du-Lac et entre Lévens et Saint-Martin de la Vésubie, présentant des rampes continues de 60 mm par mètre.

Les châssis de ces automotrices sont du type Brill. L'équipement électrique, construit par la Société alsacienne de Constructions mécaniques, à Belfort, comporte deux moteurs de traction, un transformateur d'alimentation, un système de commande permettant l'accouplement de plusieurs véhicules, un compresseur d'air.

Les moteurs sont à répulsion; le schéma de la figure 1 représente la disposition de ces moteurs supposés bipolaires. Les deux enroulements principaux sont :

un enroulement magnétique A, dont l'axe est perpendiculaire à la ligne des balais de court-circuit et un enroulement de transformation B dans la ligne des balais. Un enroulement auxiliaire C joue le rôle de pôle de communication.

Le réglage de la vitesse s'obtient par la variation de la tension aux bornes du moteur combinée avec une réduction ou une augmentation du nombre de spires actives de l'enroulement d'excitation. Une prise de courant est ménagée au milieu de cet enroulement.

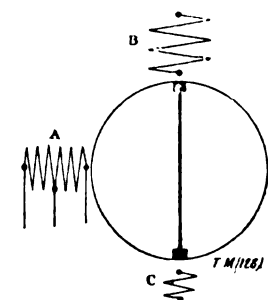


FIG. 1. — Schéma du moteur de traction à répulsion.

Aux vitesses réduites, correspondant aux deux tensions d'alimentation les plus basses, la moitié de l'enroulement d'excitation est en circuit; aux tensions supérieures, on utilise le tout. On change le sens de la rotation en inversant l'enroulement d'excitation et l'enroulement de transformation.

Ces moteurs ont l'avantage, pour une même vitesse de régime, de nécessiter un minimum de rangées de balais et de permettre le freinage électrique par récupération en renversant la marche.

Le courant est fourni à 6 000 volts, 25 périodes.

Chacun des deux moteurs d'une automotrice est à 6 pôles et développe une puissance de 55 HP. L'attaque de l'essieu se fait par train d'engrenages donnant un rapport de réduction de 1 à 4,25. La commutation est très satisfaisante.

Ces deux moteurs sont montés en parallèle; ils sont alimentés, suivant la vitesse, sous 180, 240, 300 ou 350 volts; ils peuvent tourner à 1 100 tours. La figure 2 donne les courbes caractéristiques de ces moteurs pour les tensions de 200, 250 et 300 volts.

Le transformateur du type cuirassé est placé entre les deux essieux; l'enroulement secondaire comporte des prises correspondant à 180, 240, 300 et 350 volts; une prise auxiliaire de 120 volts donne le courant nécessaire aux appareils de commande, d'éclairage et de chauffage.

Le rendement sous la charge de 100 kw est de 96,8 %. On a eu recours, pour la commande, à un système à unités multiples par contacteurs.

Le système est caractérisé :

1° Par la commande directe des contacteurs par le manipulateur ;

2° Par un dispositif auxiliaire ne permettant la fermeture d'un contacteur que si tous les autres sont ouverts.

Il comporte deux manipulateurs, un inverseur, quatre con-

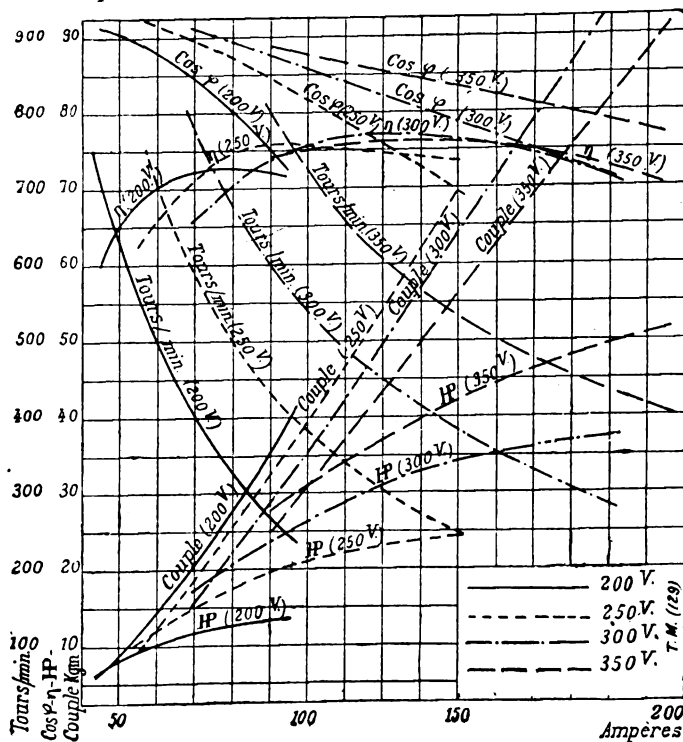


FIG. 2. — Courbes caractéristiques du moteur de traction monophasé à répulsion de 55 chevaux.

tacteurs, un relais de déclenchement à maximum de courant.

Les manipulateurs comportent quatre touches de marche dans chaque sens. A chaque contacteur correspond un interrupteur

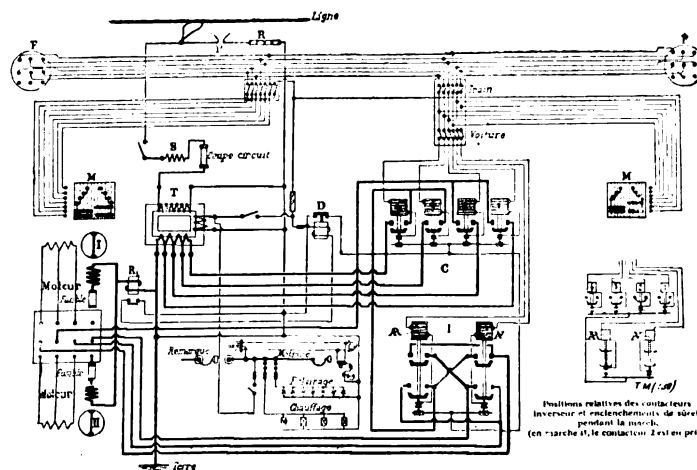


FIG. 3. — Schéma des connexions d'une automotrice des chemins de fer du Sud de la France : C, contacteur ; D, disjoncteur ; F, fiches de contact pour câbles de raccord ; I, inverseurs ; M, manipulateurs ; P, parafoudre ; R, résistance ; R', bobine de commande du disjoncteur ; S, bobine de self ; T, transformateur.

auxiliaire intercalé sur le circuit d'alimentation de ce contacteur. Ces interrupteurs et les contacteurs sont reliés entre eux de façon à réaliser les enclenchements suivants :

1° Quand aucun contacteur n'est fermé, tous les interrupteurs

sont fermés, les circuits d'alimentation de tous les contacteurs sont fermés et l'un d'entre eux peut être excité;

2° Quand un contacteur se ferme, tous les interrupteurs ne lui correspondant pas s'ouvrent. On ne peut donc fermer ainsi deux contacteurs.

L'interruption de courant, lors du passage d'une touche à l'autre du manipulateur, n'offre aucun inconvénient.

L'inverseur est constitué par deux contacteurs doubles correspondant aux marches avant et arrière. Ces deux contacteurs sont enclenchés entre eux comme les premiers.

Le dispositif d'ouverture automatique du circuit des moteurs en cas de surcharge ou de court-circuit est constitué par un relais qui commande la coupure du circuit d'alimentation. Il se compose :

1° D'une bobine R à gros fil (fig. 3, p. 629) parcourue par le courant des moteurs. Lorsque ce dernier dépasse une certaine valeur, il provoque le déplacement d'un équipage mobile qui ferme le circuit d'excitation d'une bobine D;

2° D'une bobine à fil fin D qui joue le rôle de disjoncteur. Quand elle est excitée, elle attire une armature et provoque la rupture d'un contact intercalé sur un fil commun au circuit de tous les contacteurs.

L'on n'a pas eu à prévoir, grâce à ce dispositif, de disjoncteur distinct.

L'équipement ne comprend pas de régulateur de démarrage qui a été trouvé inutile dans ce cas.

La prise de courant se fait par archet.

Chaque automotrice comprend un compresseur d'air aspirant 1 l 66 d'air par tour de roue; il y a de plus, sur la moitié de ces automotrices, un compresseur électrique, de 3,5 HP aspirant 312 l d'air par minute et le comprimant à 7 kg.

Les circuits de chauffage et d'éclairage sont alimentés sous une tension de 120 volts.

Chaque automotrice pèse 14 tonnes.

F. D.

Locomotive électrique pour train rapide de la ligne Dessau-Bitterfeld (Etat prussien).

Les caractéristiques de cette machine sont données au tableau ci-après :

Type	Atlantic (2-B-1).
Écartement	1 435 mm
Diamètre des roues motrices	1 600
Longueur de manivelle	600
Diamètre des roues porteuses	1 000
Longueur totale	12 500
Empattement total	9 000
Poids total en ordre de marche	70 t
Courant	Alternatif monophasé.
Tension en fil de ligne	10 000 volts.
Fréquence	15
Puissance du moteur	1 000 chevaux.
Vitesse maximum	130 km à l'heure.
Effort de traction maximum	5 000 kg

Le moteur est placé au milieu, au-dessus des deux essieux moteurs; il agit par des bielles de transmission verticales sur l'arbre intermédiaire placé entre les essieux; les paliers de l'arbre moteur et du faux-arbre sont réunis par un fort bâti en acier; comme l'usure des paliers du faux-arbre est uniforme sur tout le pourtour, ces paliers sont formés de quatre parties et réglables dans le sens vertical et dans le sens horizontal; les paliers du moteur ne sont réglables que dans la direction des bielles (fig. 1).

La carcasse du moteur est elle-même réglable au moyen de cales et de vis de pression.

Tous les paliers principaux sont munis de plombs fusibles qui, lorsque la température devient dangereuse, font retentir un sifflet d'alarme.

La commande est effectuée au moyen d'interrupteurs réunis dans une chambre, à proximité des moteurs; il y a douze interrupteurs; trois d'entre eux sont toujours en circuit pour chaque position de marche.

Ces interrupteurs sont mis en mouvement par un cylindre relié aux volants de manœuvre placés aux postes de contrôle, au moyen d'une transmission à tringles.

La locomotive est munie de deux paires de dispositifs de prise de courant du type employé sur la ligne Blankenese-Ohlsdorf;

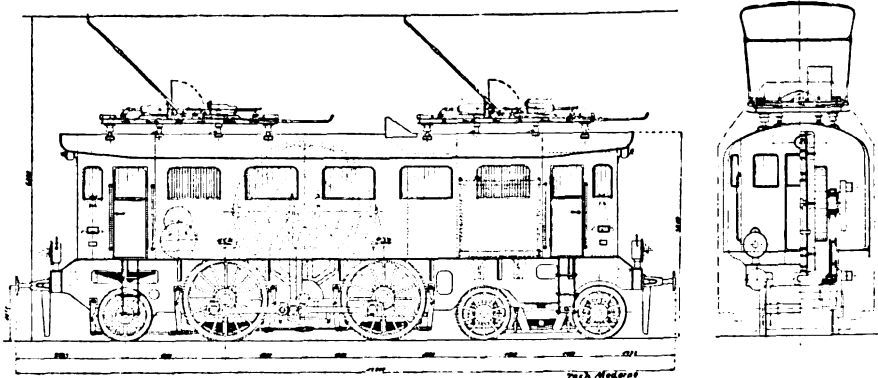


FIG. 1. — Dispositif de la locomotive électrique pour train rapide de la ligne Dessau-Bitterfeld.

chaque paire sert pour l'un des sens de marche; les articulations sont réduites au minimum, l'archet portant le frotteur est très léger et forme avec l'horizontale un angle aigu, de sorte que le contact et la mobilité de l'archet sont bons aux plus grandes vitesses.

Ces dispositifs de prise sont actionnés pneumatiquement; ils sont déplacés automatiquement lorsque l'opérateur manœuvre le commutateur du sens de marche; ils sont pourvus de palettes compensatrices de la pression de l'air; le fil de ligne peut être placé à toute hauteur entre 4^m,5 et 6 m.

Le transformateur est logé dans une chambre remplie d'huile et munie d'ailettes de refroidissement; cette caisse est placée au-dessus du bogie, dans une chambre d'aérage; la ventilation s'effectue à l'aide de canaux, dont les registres sont automatiquement orientés dans le sens convenable, grâce à des dispositifs d'actionnement pneumatique, commandés, en même temps que les dispositifs de prise de courant, par le déplacement du commutateur de marche.

La toiture de la caisse peut être enlevée au-dessus du transformateur et au-dessus du moteur, de manière à permettre le déplacement facile de ces parties.

M.

Locomotive électrique pour train de marchandises de la ligne Dessau-Bitterfeld (Etat prussien).

Cette locomotive (fig. 1, p. 634) est à quatre essieux couplés avec roues de diamètre réduit au minimum permis par les têtes des bielles d'accouplement et de gabarit, de manière à avoir la plus grande vitesse de rotation possible pour le moteur.

La transmission s'effectue à l'aide d'un faux-arbre; ce faux-arbre est placé au centre de la locomotive, mais le moteur n'est pas situé au-dessus de cet arbre; il est rejeté vers l'arrière, de manière à donner une répartition aussi bonne que possible du poids de l'équipement; il agit donc sur le faux-arbre par des bielles obliques.

Ce système soulage le faux-arbre et donne plus de liberté que le système à manivelles parallèles pour l'agencement du moteur

qui, jusqu'à un certain point, peut être installé sans égard à la disposition des essieux et au mieux de l'arrangement des canalisations et de la répartition du poids.

L'empattement rigide est de 4^m,5; l'un des essieux extrêmes peut se déplacer radialement de 15 mm de part et d'autre de la position normale.

Tous les paliers sont réglables, à l'exception de ceux des manetons de manivelle du faux arbre, que le jeu des ressorts et la limitation de la hauteur disponible ne permettaient pas de construire de cette façon, et qui sont conséquemment munis de tourillons interchangeables.

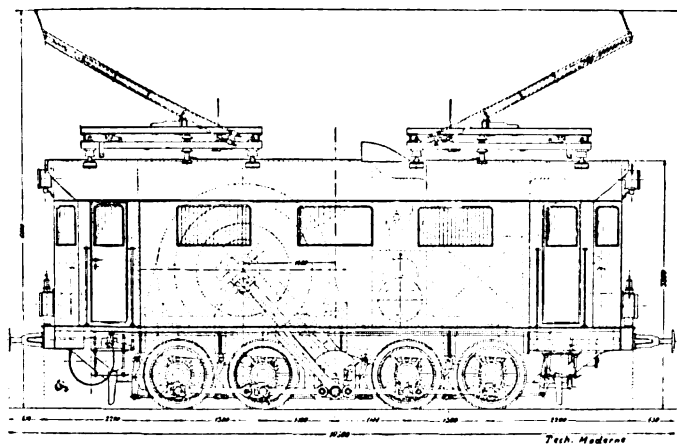


Fig. 1. — Dispositif de la locomotive électrique pour train de marchandises de la ligne Dessau-Bitterfeld.

L'installation du transformateur et du moteur, ainsi que la réfrigération, etc., sont conformes aux méthodes employées pour la locomotive de train rapide de la même ligne.

Une particularité très importante à signaler est que les constructeurs ont mis à l'essai sur cette locomotive le mode de commande par déplacement des balais du moteur.

Il n'y a que deux dispositifs de prise de courant, à support simple et archet mobile; ils sont actionnés pneumatiquement.

Les caractéristiques de cette locomotive sont les suivantes :

Type	0-D-0
Ecartement	1 435 mm
Diamètre des roues motrices	1 050
Longueur de manivelle	250
Longueur totale	10 500
Empattement total	8 800
Poids en ordre de marche	58 t
Courant	Alternatif monophasé.
Tension du fil à la ligne	10 000 volts.
Fréquence	15
Puissance du moteur	800 chevaux.
Vitesse maximum	60 km à l'heure.
Effort maximum à la jante	9 000 kg

M.

La manutention mécanique du combustible dans les grands dépôts de la Compagnie du Chemin de fer d'Orléans.

La Compagnie d'Orléans réorganise actuellement ses grands dépôts en cherchant à améliorer les moyens de manutention des combustibles, de façon à diminuer le prix de revient, à augmenter la capacité de certains parcs en réalisant cette augmentation sous des espaces pratiquement inextensibles, à faciliter les mélanges de combustibles. (*Revue générale des chemins de fer*, XI. 10.)

L'on utilise à cet effet : 1° Pour le chargement des tenders, des estacades surélevées. Le charbon y est monté par des ascenseurs dans des wagonnets que l'on bascule ensuite dans les tenders;

2° De larges espaces desservis par un appareil de manutention mécanique électrique, portique, ou grue à pylône avec bennes automatiques;

3° Des wagons trémies servant à transporter le combustible du parc à l'estacade.

Les bennes automatiques prennent le charbon dans les wagons et le déchargent sur des tas parallèles aux voies où se trouvent ces wagons. Les fonds de wagons sont déchargés à la main dans une fosse, où ils sont repris également par la benne automatique. Les briquettes sont, bien entendu, déchargées à la main. Pour le chargement sur machines, la benne puise le charbon aux tas et le déverse dans des wagons trémies de 30 t de capacité. L'on emmène ces wagons trémies près des estacades et on les décharge dans des berlines de 500 kg de capacité. Ces berlines sont montées par l'ascenseur en haut de l'estacade et déversées dans les tenders.

Ces dispositions permettent donc de réduire les parcs à charbons situés près des dépôts et d'utiliser l'espace ainsi libéré. Le parc se réduit à l'emplacement occupé par l'estacade et le parc à briquettes. Le parc à charbon peut se faire plus loin, à un endroit où les terrains sont à bas prix.

Un même parc pourra même desservir plusieurs dépôts. Les wagons trémies constituant des réservoirs intermédiaires viendront se remplir aux parcs chaque jour et seront emmenés aux estacades de chaque dépôt. Enfin, ces installations permettent de faire des mélanges de combustibles sans dépenses notables, soit au moyen des bennes automatiques sur les tas, soit avec les wagons trémies au déchargement dans les berlines.

F. D.

Série de prix types pour un réseau de chemins de fer.

La diversité des salaires payés aux ouvriers de toutes professions, ainsi que le coût variable des matières premières dans l'étendue d'un réseau de chemins de fer, ont pour conséquence de faire varier le prix de revient d'ouvrages identiques, exécutés en des régions différentes; de ce fait, certains réseaux élaborent une série de prix spéciale (1) à chaque marché ou adjudication.

Un tel procédé entraîne à une dépense exagérée de temps, et l'exactitude des prix laisse souvent à désirer, ces derniers étant parfois extraits de séries locales offrant un crédit des plus restreints (2); au point de vue financier, il est onéreux et peut avoir pour conséquence de dilapider la fortune publique ou bien de léser les entrepreneurs de travaux.

Il serait plus logique d'établir une série type, unique, découlant d'une analyse de prix sérieusement étudiée et qui servirait de base à tous les marchés, sous réserve de la modification que nous allons exposer. Soient :

A, le coût de la matière première constituant un élément de construction; b, le déboursé relatif à la main-d'œuvre nécessaire pour la confection de cet élément; k, la fraction décimale de b représentant les faux frais de la main-d'œuvre, assurances, avances de fonds, etc.; c, le bénéfice de l'entreprise; P, le prix de série de l'élément de construction considéré.

$$(1) \quad P = A + b + bk + c,$$

$$(2) \quad P = [A + b(1+k)] + c.$$

(1) En 1910, un arrondissement (voies et bâtiments), dont on nous dispensera de citer le nom, a élaboré 130 marchés accompagnés chacun d'une série de prix spécial.

(2) C'est ainsi que la série d'Evreux porte sous le n° 269 : Dépose de pierre, etc., 15 fr., et celle du Havre n° 252 pour le même sujet : Dépose de pierre, etc., 7 fr 50, bien que les salaires de la série du Havre soient supérieurs à ceux de la série d'Evreux.

c étant une fonction des quantités entre crochets peut se représenter par un facteur n , plus grand que l'unité, multipliant ces quantités entre crochets :

$$(3) \quad P = [A + b(1+k)] n;$$

posons $b(1+k) = B$ et nous aurons la forme réduite :

$$(4) \quad P = (A + B) n.$$

P est donc fonction de deux quantités : An représentant le coût de la matière première; Bn représentant le coût de la main-d'œuvre et ses sujétions. Pour une fourniture simple $Bn = 0$ et $P = An$ et pour une main-d'œuvre seulement : $P = Bn$.

La série de prix type serait établie dans la forme suivante, résultant de l'équation (4) :

NUMÉROS D'ORDRE	DÉSIGNATION et nature des travaux	UNITÉS	PRIX DE RÉGLEMENT			OBSERVATIONS
			A	B	P	
			Matériaux	Main-d'œuvre	Prix total (A + B) n $n = 1,10$	
6	Maçonnerie de moellons piqués avec mortier de chaux hydraulique N° 4.	m ³	15 fr 40	9 fr 96	27 fr 90	

Considérons un article comprenant des fournitures et de la main-d'œuvre, exemple :

Maçonnerie de moellons piqués avec mortier de chaux hydraulique. Le sous-détail est établi ainsi :

1 m ³ , 10 de moellons à 11 fr	12 fr 10	
0 m ³ , 15 de mortier N° 4 à 22 fr	3 fr 30	15 fr 40
Bardage : 5 h de manœuvre à 0 fr 60	3 fr »	
Façon : 8 h de maçon à 0 fr 80	6 fr 40	
Outils, faux frais, assurances, etc. (0,06 de la main-d'œuvre).	0 fr 56	9 fr 96
Total		25 fr 36
Bénéfice 10 0/0		2 fr 54
Total		27 fr 90

Dans ce cas :

$$A = 15 \text{ fr } 40; \quad B = 9 \text{ fr } 96; \quad n = 1,10;$$

$$P = (A + B) n = (15 \text{ fr } 40 + 9 \text{ fr } 96) 1,10 = 27 \text{ fr } 90.$$

P s'appliquera au lieu où les prix élémentaires, considérés comme bases, sont payés réellement : pour fixer les idées, supposons que ce lieu soit Paris.

Considérons maintenant une maçonnerie identique à l'exemple cité, exécutée dans une région très éloignée de Paris, où les salaires et les prix de matériaux diffèrent de ceux de Paris, et cherchons le nouveau prix P' à payer. Nous dresserons alors un tableau donnant les rapports α et β des salaires et prix des matériaux similaires de la région avec ceux de Paris pris pour bases.

DÉSIGNATION	PRIX UNITAIRES		RAPPORTS α ET β
	PARIS	RÉGION	
Maçons	0 fr 80	0 fr 60	3/4
Manœuvres	0 fr 60	0 fr 50	5/6
Moellons	11 fr »	9 fr »	9/11

Un tel tableau représente un travail minime : les prix de Paris sont connus une fois pour toutes, les salaires régionaux résultent

du bordereau dressé dans chaque département par la Commission administrative instituée par le décret du 10 août 1899; quant aux prix des matières premières, il est facile de se les procurer.

Comparant 3/4 et 5/6, on voit qu'ils diffèrent de 1/12 : d'autre part, les salaires d'ouvriers et aides d'une même corporation, en deux lieux distincts, sont généralement entre eux dans un même rapport; nous appliquerons donc à α la même valeur pour les maçons et les manœuvres. Le prix cherché P' pour la région visée sera :

$$A' = 15 \text{ fr } 40 \times 9/11 \dots\dots\dots 12 \text{ fr } 60$$

$$B' = 9 \text{ fr } 40 \times 10/12 \dots\dots\dots 7 \text{ fr } 83$$

$$P' = (20 \text{ fr } 43) 1,10 = 22 \text{ fr } 47.$$

L'exemple que nous avons choisi est des plus difficiles; en effet, le prix du mortier dans le sous-détail est un prix composé de main-d'œuvre et de matériaux; le coefficient β qui lui a été appliqué ne vise que les matériaux, d'où une erreur de ce fait égale à $(\alpha - \beta)M \times 0,15$ (M étant le prix de main-d'œuvre compris dans 22 fr) qui est négligeable (').

Une série de prix ainsi établie faciliterait, dans un réseau de chemins de fer, le travail des agents chargés de l'élaboration des séries particulières à chaque marché, en leur évitant de recourir aux séries locales, trop souvent erronées; sa valeur dépendrait de celle du sous-détail ayant servi à sa confection; ce dernier travail exige une connaissance approfondie de la pratique des travaux, qui se rencontre assez rarement chez les agents de bureau.

A notre avis, les gros rabais ou les demandes en augmentation dans les marchés de travaux publics proviennent de ce que les prix de série ont été, dans les deux cas, mal étudiés.

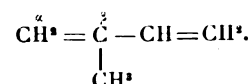
A. PICHOT.

CHIMIE INDUSTRIELLE

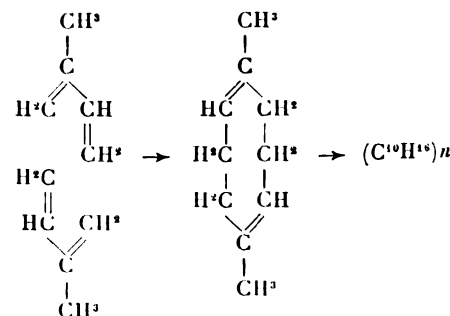
Le caoutchouc de synthèse.

Au moment où une société française se prépare, paraît-il, à fabriquer du caoutchouc synthétique d'après le procédé Reynaud, il peut être intéressant de résumer les travaux faits dans ce domaine ces derniers temps, et surtout un mémoire très détaillé de M. Harries (*Ann. Chem.*, 1911, 383, p. 157-227) sur ce sujet.

Ainsi qu'il est bien connu, le caoutchouc peut se synthétiser par polymérisation de l'*isoprène*, qui est un carbure non saturé dérivé du butadiène, un β méthyl-butadiène :



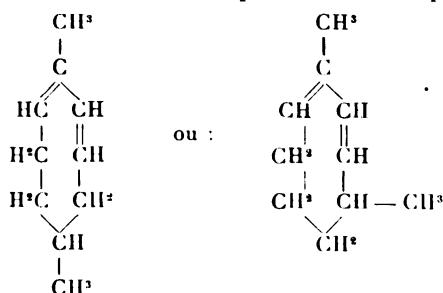
On s'accorde à formuler la réaction comme suit :



en attribuant au caoutchouc la formule d'un 1.5. diméthyl-cyclo-octadiène polymérisé, formule reconnue fort probable d'après les

(1) On pourrait faire disparaître cette erreur en rectifiant le prix du mortier dans les mêmes conditions que la correction opérée sur l'exemple cité.

travaux de M. Harries. Des objections ont été faites à cette formule, notamment par M. Pickles (*India Rubber Journ.*, 1910, p. 374), mais nous croyons inutile de nous y arrêter. Toutefois, il faut faire remarquer que la polymérisation peut aussi se faire en donnant lieu à la formation de produits isomériques, tels que :



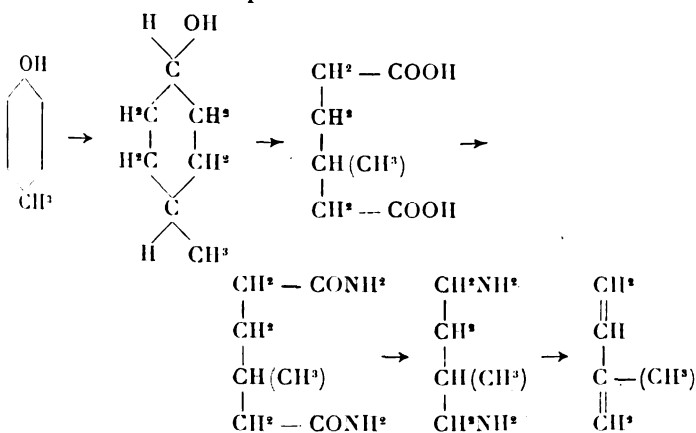
qui diffèrent du produit normal soit par la position des doubles liaisons, soit par la position des groupes méthyle. De fait, M. Harries a observé, à côté du caoutchouc normal formé par polymérisation de l'isoprène, un produit accessoire qui pourrait être un produit isomérique. Il en est de même du produit obtenu en polymérisant l'isoprène par l'action du sodium métallique en tube scellé ; tout en ressemblant beaucoup comme propriétés physiques au caoutchouc normal, il s'en distingue chimiquement, car, scindé par l'ozone, il donne d'autres produits de scission.

Le procédé de polymérisation employé par l'auteur consiste à chauffer le carbure (isoprène, analogues ou homologues) en vase clos, soit seul, soit avec addition d'acide acétique glacial ou de sodium. Cependant d'autres procédés sont également employables.

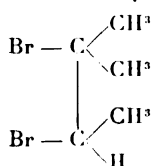
La question principale est de préparer l'isoprène d'une façon économique. Les résultats en partant de l'acétylène n'ont pas été favorables jusqu'ici.

D'après M. Hoffmann, qui a étudié la question du caoutchouc synthétique dans les laboratoires de l'usine Bayer, à Elberfeld, on peut partir du goudron de houille duquel on isole, par les procédés industriels, le paracrésol. Celui-ci est hydrogéné par la méthode de M. Sabatier, le produit de réduction est oxydé en acide β méthyladipique, celui-ci transformé en amide, puis, par l'acide hypochloreux, en β méthyl-tétraméthylène-diamine qui, par méthylation, fournit en fin de compte de l'isoprène.

Voici la formule des produits :



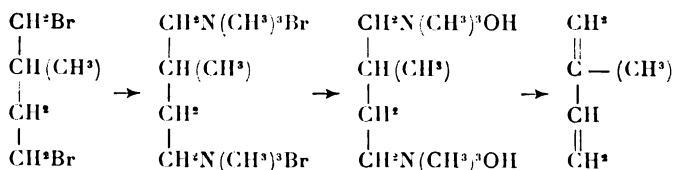
Ce procédé est fort élégant mais bien long ; il en est de même de ceux qui consistent à décomposer les dérivés halogénés de l'isopentane, le dibromure de triméthyléthylène :



par exemple, par action de la chaux sodée saturée d'acide carbo-

nique, à 600° C. Il se sépare deux molécules d'acide bromhydrique avec formation d'isoprène.

De l'isoprène fort pur s'obtient par action de la triméthylamine sur le dibromure de β -méthyl-tétraméthylène : on décompose le sel quaternaire formé par l'oxyde d'argent humide, puis l'on distille la base ammonium :



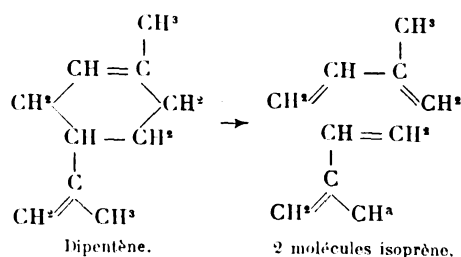
Tous ces procédés peuvent être employés au laboratoire, mais ne semblent guère industriels jusqu'à présent.

M. Heinemann a breveté un procédé qui consiste à faire passer dans un tube chauffé au rouge un mélange de chlorure de méthyle, d'éthylène et d'acétylène ; il ne semble pas cependant donner des résultats satisfaisants.

Par contre, on a de nouveau repris, ces derniers temps, un procédé déjà indiqué par M. Tilden (*Chem. News*, 1882, 46, p. 129) : la décomposition pyrogénée des vapeurs de l'essence de térébenthine. On arriverait donc, en cas de réussite, à se servir comme matière première du même produit qui sert ou qui a servi à la fabrication du camphre synthétique.

Comme les rendements obtenus d'après le procédé primitif, en faisant passer des vapeurs d'essence de térébenthine à travers un tube chauffé au rouge, étaient peu satisfaisants, MM. Harries et Gottlob l'ont sensiblement perfectionné (*Lieb. Ann. Chem.*, 1911, 383, p. 228), en faisant usage de spirales métalliques incandescentes. L'appareil est monté de façon à ce que les vapeurs non transformées reviennent de nouveau en contact avec le métal incandescent et de manière à opérer une séparation de l'isoprène formé de la térébenthine non modifiée.

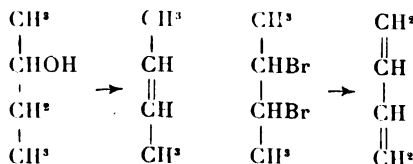
Ces résultats sont confirmés et élargis par les recherches récentes de MM. Staudinger et Klever (*Berichte*, 1911, 44, 2213), qui opèrent dans un vide de 20 mm à 30 mm. Ils se servent du limonène ou du dipentène qui se scindent fort nettement :



Il existe encore d'autres procédés pour arriver à l'isoprène (1) ; les quelques exemples qui viennent d'être étudiés montrent que la question de la préparation industrielle de ce produit paraît soluble.

En partant d'autre part de carbures analogues ou homologues de l'isoprène, on peut préparer des caoutchoucs analogues ou homologues.

C'est ainsi que l'érythrène (butadiène) obtenu par exemple en partant de l'alcool butylique secondaire d'après le processus suivant :

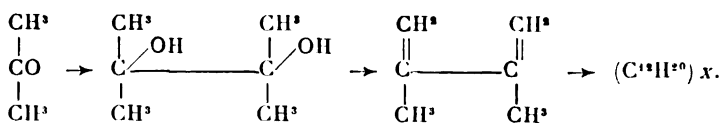


fournit par polymérisation un caoutchouc $(\text{C}^4\text{H}^6)_x$ (brevet alle-

(1) Brevets anglais 5931/10 ; 14 040/10, etc.

mand n° 235 433 des Farbenfabriken Bayer). Ce produit a aussi été étudié par M. Harries.

On peut préparer un caoutchouc homologue ($C^{14}H^{20}$) en prenant comme point de départ l'acétone. Celle-ci est transformée en pinacone par réduction, puis deshydratée par distillation sur du bisulfate de potasse (brevet français n° 425 582 des Farbenfabriken Bayer), enfin, le carbure obtenu est polymérisé :



Le caoutchouc ainsi obtenu ressemble fort au caoutchouc normal.

Pour l'exécution de la polymérisation, nous renvoyons aux brevets nos 418 544, 419 316, 422 935 et aux brevets additionnels.

Tout en réservant notre appréciation quant aux résultats industriels possibles, il faut constater qu'il s'agit en tous les cas d'une tentative fort intéressante.

E. G.

Détérioration des chambres de plomb par le fluor contenu dans les blendes.

Les blendes sont de plus en plus utilisées pour produire l'acide sulfureux dans la fabrication de l'acide sulfurique. Les fabricants d'acide jouent donc le rôle de désulfureurs pour les métallurgistes auxquels ils retournent le zinc sous forme d'oxyde. (*Revue des Produits chimiques*, 10. VIII. 14).

Or, on commence à signaler les inconvénients de ce procédé de préparation de l'anhydride sulfureux ; il y en a deux : des pertes de zinc inexplicables, dépassant souvent 1 %, qui est la limite de perte généralement accordée dans les contrats, et la présence de fluor dans le minerai.

La présence de substances fluorées est des plus gênantes ; elles s'y rencontrent à la dose de quelques grammes jusqu'à 250 et 300 gr aux 100 kg, ordinairement sous forme de fluorine.

Ces quantités ne sont pas négligeables ; les garnissages sili- ceux du Glover sont attaqués et même arrivent à disparaître complètement ; de plus, les feuilles de plomb formant l'enveloppe extérieure du Glover et de la première chambre de plomb peuvent être altérées profondément par la présence dans le gaz, et même dans l'acide sulfurique de la cuvette, soit d'acide fluorhydrique, soit d'acide hydrofluosilicique.

Il résulte des expériences de M. P. Truchot, chef de laboratoire à la Société française des pyrites de Huelva, que l'attaque a varié de 1,035 % à 6,10 % avec l'acide fluorhydrique et de 0,81 % à 10,90 % avec l'acide hydrofluosilicique, suivant les conditions des essais. Il serait intéressant de contrôler ces résultats dans les fabriques d'acide sulfurique.

M. R.

ELECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Les grues électriques du Port d'Anvers (1).

Les Ateliers de constructions électriques ont fourni au port d'Anvers vingt grues à portique répondant aux données suivantes :

Force au crochet	2 000 kg
Portée d'axe en axe du chemin de roulement	5 m
Distance de l'axe du chemin de roulement côté quai à l'arête du mur de quai	1 ^m ,750
Portée horizontale de la flèche de l'axe du crochet à l'arête du mur du quai, quand la flèche est dans la position perpendiculaire au mur du quai	10 ^m ,250

(1) Des croquis, vues, etc., de ces grues figuraient à l'Exposition de Bruxelles de 1910.

Hauteur verticale de l'axe de la poulie du crochet au-dessus de l'horizontale de l'arête du mur du quai

14 m

Hauteur libre sous la flèche au droit du quai

8 m

Vitesse de levée en charge par seconde

0^m,750

Vitesse de rotation en charge au crochet

2 m

Vitesse de translation en charge

0^m,250

Tension d'alimentation du courant continu

500 volts.

Le portique est construit, partie en tôle pleine, partie en treillis ; il roule sur deux lignes de rails Etat belge, l'une fixée sur la tablette du mur du quai, l'autre encastrée dans le pavé ; il est porté par quatre roues de 762 mm de diamètre au roulement, à jante à simple bourrelet.

Ces roues sont en fonte trempée « Griffin » à jante coquillée ; deux d'entre elles sont commandées et elles portent une couronne dentée ; elles sont actionnées par l'intermédiaire d'engrenages droits et coniques, par un moteur série de 5 chevaux marchant 685 tours par minute en charge.

Les roues sont calées à la presse sur leurs axes ; ceux-ci tournent dans des boîtes à huile à demi-coussinets supérieurs en bronze, graissés automatiquement à l'huile par des tampons graisseurs ; les chapeaux de ces boîtes servent de réservoirs d'huile.

Quoique le mouvement de translation fonctionne très peu, tous les engrenages, tant coniques que droits, ont leur denture taillée dans le plein du métal ; les pignons sont faits en acier forgé et les engrenages en acier coulé ; le train d'engrenages du moteur est enfermé dans un carter en fonte, rendu étanche à l'huile ; tous les autres engrenages sont recouverts de protections efficaces également en fonte.

Le portique porte une passerelle circulaire complète, permettant d'avoir accès à la cabine ou d'en descendre quelle que soit son orientation. Cette passerelle est en tôles circulaires et elle est entourée d'un garde-corps en tubes.

Le moteur de translation du portique, son réducteur de vitesse, ainsi que la transmission avec les premiers trains d'engrenages coniques se trouvent au-dessus de la passerelle.

Le moteur de translation est cuirassé ; il n'est pas abrité et il fonctionne donc à ciel ouvert.

Comme les grues travaillent presque continuellement à poste fixe, leurs déplacements le long des quais sont peu fréquents ; aussi pour rendre leur stabilité plus grande et pour donner à l'ensemble plus de rigidité, les portiques sont munis aux deux extrémités du caisson, côté quai, de forts vérins de calage (fig. 1) et aux extrémités du caisson opposé, de griffes à vis (fig. 2), pour la fixation des grues aux rails. Les vérins sont formés d'une caisse en fonte solidement fixée au portique, et contiennent un écrou en bronze dans lequel se déplace une vis en acier avec contre-écrou ; cette vis agit sur un patin d'acier coulé, dont la surface portante épouse le profil du champignon du rail. La caisse est munie d'une porte à charnière pour le graissage de la vis et du patin.

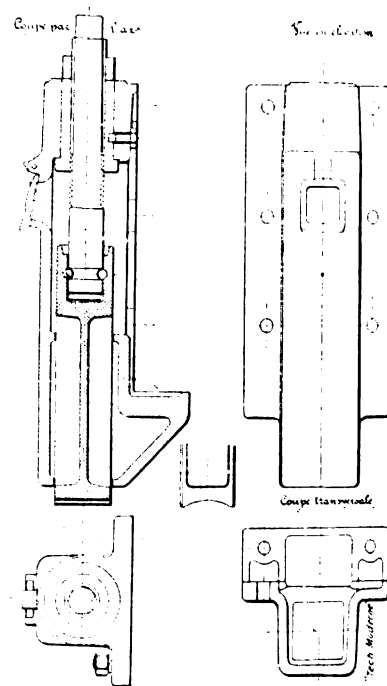


FIG. 1. — Dispositif du vérin de calage.

Les griffes ne sont pas nécessaires pour la stabilité normale des appareils; elles ne sont prévues que comme sûreté lors des surcharges considérables au crochet, occasionnées par exemple par le calage dans le bateau de la charge à enlever ou l'arrêt du crochet.

La partie tournante de la grue repose sur le portique par l'intermédiaire de quatre galets qui roulent sur un rail circulaire.

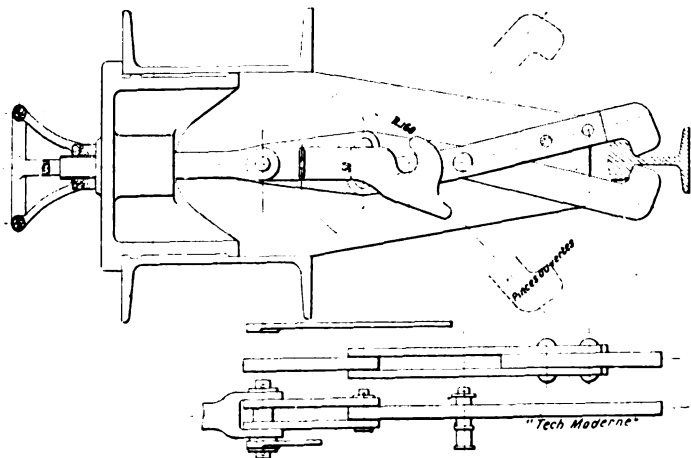


FIG. 2. — Dispositif de la griffe de calage.

Ce rail est en acier dur et est cintré sur un diamètre de 3^m,480; la surface portante ainsi que celle des galets sont tournées coniques afin d'assurer à ceux-ci un appui parfait; il en résulte une bonne conservation de ces organes.

Le grand diamètre de ce rail circulaire donne à la partie supérieure de la grue une grande stabilité et surtout une grande capacité de surcharge.

Le châssis de la partie tournante est formé par un cadre solide en profils assemblés. Il porte les mécanismes de levage et de rotation et leurs moteurs. Leur treuil et le mécanisme de rotation sont fixés sur un bâti unique en fonte.

Le treuil est composé d'un tambour en fonte à jante rainurée, actionné par le moteur par l'intermédiaire d'un seul train d'engrenages à denture droite.

Le pignon est en acier à outil forgé; il est venu de forge d'une pièce avec l'arbre. Celui-ci est réuni à l'arbre du moteur par un manchon élastique à plateaux de grand diamètre, avec boulons, garnis de bagues en caoutchouc. Ce manchon est complètement tourné et bien équilibré. Ce système de manchon offre de grandes facilités pour le réglage de la concordance des axes des arbres accouplés. L'autre extrémité de l'arbre du pignon porte calée la poulie du frein du treuil. L'engrenage est en acier coulé à denture droite taillée dans le plein du métal; par suite de sa denture fine et large, la marche est très silencieuse.

Le train d'engrenages est monté dans un carter en fonte hermétique et étanche à l'huile; ce carter est venu de fonte avec les deux paliers du pignon et les deux paliers de l'engrenage.

Le chapeau des paliers du pignon peut toutefois être démonté sans qu'il soit nécessaire d'enlever la partie supérieure du carter; le remplacement éventuel du pignon peut ainsi se faire très facilement.

Les paliers du pignon, ceux de l'engrenage, ainsi que le palier d'extrémité du tambour, sont tous à graissage automatique à l'huile par bagues d'entraînement.

Ils possèdent des coussinets en bronze phosphoreux. Le tambour a un diamètre de 500 mm; il est calé sur son arbre; sa jante est complètement tournée; elle est rainurée suivant le profil exact du câble; ses dimensions sont telles qu'il permet la levée de 18 m avec trois spires enroulées lorsque le crochet se trouve au bas de sa course.

Le frein agit à l'extrémité de l'arbre du pignon opposée au moteur. Il est à bande d'acier à garniture de cuir; un support à vis de réglage assure le desserrage régulier de cette bande. Le diamètre de la poulie est de 600 mm, sa largeur de 120 mm.

Le calage du frein se fait par un contre-poids, tenu levé par un électro-aimant (fig. 3); il a lieu à l'arrêt et par suppression de courant. Pour la descente, le décalage est obtenu à la main par un levier vertical; ce levier sert non seulement pour le décalage, mais aussi pour accentuer le calage ou pour empêcher le décalage lorsque, pour certaines manœuvres, le mécanicien en voit la nécessité.

Le câble a un diamètre de 18 mm; il est composé de 42 fils de 0,66 mm à l'intérieur et de 144 fils de 1 mm à l'extérieur. Il offre une résistance à la rupture de 20 000 kg. A la sortie de la cabine, il passe sur une poulie à large gorge, qui le relève suffisamment pour qu'il n'incommode pas le mécanicien. Cette poulie ainsi que celle de l'extrémité de la flèche est en acier coulé de grand diamètre et de construction légère. La poulie d'extrémité de la flèche a un diamètre de 500 mm au fond de la gorge.

Le crochet est suspendu au câble par l'intermédiaire d'un bout de chaîne ordinaire et d'une masse en fonte qui pèse environ 14 kg; cette masse est suffisante pour assurer la descente du crochet à vide sans courant.

Le graissage de l'axe de la poulie du crochet se fait de la cabine. La graisse mélangée à la plombagine et à un peu d'huile est conduite par une tuyauterie de 20 mm de diamètre, dans laquelle elle est poussée par un piston à vis avec levier.

Une armature en fers plats cintrés protège la jante de la poulie du crochet contre un choc éventuel du contre-poids de celui-ci.

La flèche est de construction légère à treillis en V; les tirants sont en cornière de 70 70 7 et les poussards sont des U de 152 60 8.

Le mécanisme de rotation est placé sur une taque commune avec le treuil. Il se compose essentiellement d'un réducteur de vitesse à vis sans fin avec roue à axe vertical, dont l'arbre porte calé à l'extrémité inférieure le pignon qui engrène avec la couronne dentée fixée au portique.

Le grand diamètre de cette couronne dentée, 3^m,020, permet des démarrages et des arrêts rapides sans dangers de rupture de la denture; elle est d'ailleurs en acier; elle est construite en quatre pièces; sa denture est taillée ainsi que celle du pignon.

Le moteur du mouvement de rotation est réuni à la vis par un manchon élastique à plateaux; la jante est utilisée comme poulie de frein; le frein est à pédale; la friction sur le manchon est produite par un sabot en bois.

L'ensemble de la partie tournante de la grue est guidé sur le portique par un pivot central en acier forgé solidement fixé au portique à l'aide d'armature en acier coulé. La crapaudine du châssis mobile est garnie d'une bague en bronze, dont l'alésage permet un léger jeu reconnu nécessaire pour le bon fonctionnement.

Au point de vue de la stabilité, on pourrait naturellement considérer la grue dans son ensemble avec le portique. Mais la traction sur le pivot central, lorsqu'elle existe, augmentant

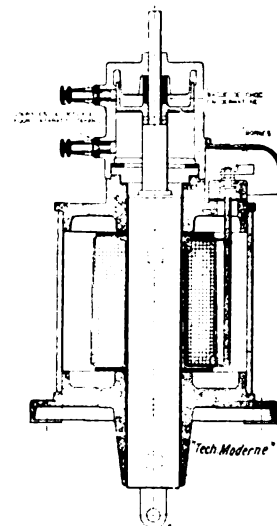


FIG. 3. — Dispositif de l'électro-aimant de frein.

rapidement la surcharge et pouvant ainsi devenir considérable lors des chocs, des démarrages ou des arrêts brusques des lourdes charges, il est préférable d'équilibrer la partie tournante de telle façon que cette traction sur le pivot central n'existe pas pour la charge normale à lever, ni même quand c'est possible, pour plus de sécurité encore, pour une charge de 15 à 20 % supérieure. Cet équilibre est obtenu au moyen d'un contre-poids fixé à la partie arrière du châssis de la cabine; ce contre-poids pèse 7 t 1/2; il est formé de plusieurs plaques de fonte.

Le moteur du treuil est capable de développer 25 à 30 HP, à 270 tours; ceux de rotation et de translation sont des moteurs de 5 HP, à 625 tours.

Ces moteurs sont desservis par deux controllers à soufflage magnétique munis d'une commande universelle. Le plus petit de ces controllers qui commande les moteurs de rotation peut aussi servir pour celui de translation; un commutateur placé sur le tableau l'intercale dans le circuit de l'un ou de l'autre.

Celui du moteur de levage est dissymétrique; il possède huit positions pour la montée et une position pour la descente sous courant; celle-ci n'est nécessaire que pour donner un léger à-coup de courant pour

faire descendre le crochet à vide lorsqu'il est remonté à la partie supérieure de la flèche.

Le mécanicien a ainsi à sa disposition comme organes de manœuvre pour desservir sa grue :

Un levier de commande universelle, qui actionne les deux controllers ;

Un levier de frein du treuil ;

Une pédale de frein du mouvement de rotation; un cliquet tient la pédale abaissée et par suite le mouvement de rotation calé, lorsque le mécanicien quitte son appareil.

Dans la cabine se trouve aussi une prise de courant centrale (fig. 4) fixée sur le pivot; elle comprend 6 bagues et 6 frotteurs, 2 pour la ligne d'arrivée et 4 pour le départ au moteur du portique; elle permet un mouvement de rotation quelconque de la flèche.

Les consommations garanties au tableau pour une manœuvre complète et pour des charges utiles au crochet de 2 000 et de 1 000 kg, avec une hauteur de levée de 12 m, étaient de 150 et de 100 watt-heures; les consommations réelles observées dans les essais officiels ont été en moyenne de 125 et 80 watt-heures respectivement.

M.

Fabrication des crayons des lampes à arc.

Les crayons les plus employés actuellement dans l'éclairage électrique à arc sont les crayons minéralisés.

Ces crayons se composent d'une coquille formée de charbon et d'un noyau ou mèche contenant les sels métalliques servant de support à l'arc; la coquille est conductrice, le noyau l'est peu ou point à froid, il le devient à chaud, et l'arc jaillit ainsi entre les pointes en passant par le bout inférieur de la mèche.

Il est essentiel que la coquille soit pure et homogène, car tout corpuscule étranger pourrait amener un déplacement de l'arc et rendre la lumière instable; comme la matière doit subir une série de traitements, ce n'est pas facilement qu'on la soustrait à l'intrusion d'impuretés. (A. MAHLKE, Arc lamp electrodes, *Electrical Review*).

Dans les crayons ordinaires, on peut avantageusement employer une mèche au silicate de potassium; le potassium diminue la force contre-électro-motrice de l'arc et en assure le maintien vers le centre.

Les électrodes de lampe à arc-flamme varient en dimensions selon qu'il s'agit de courant continu ou de courant alternatif.

Les lampes dites régénératrices emploient des crayons de forme toute spéciale (fig. 1).

MATIÈRES PREMIÈRES. — Les matières premières essentielles employées pour la fabrication des crayons en dehors de la mèche, sont :

Le noir de fumée, le coke de houille ou de pétrole, le goudron et la poix, comme liant.

Généralement, le noir de fumée est employé seul pour les crayons de qualité supérieure et l'on n'ajoute du coke que pour les crayons de deuxième qualité.

On utilise également, comme matière de remplissage, les déchets d'électrodes.

Le noir de fumée employé est ordinairement du noir obtenu en brûlant des huiles de goudron distillées entre 240° C et 270° C. La combustion de ces huiles donne des fumées épaisses que l'on fait passer dans une série de chambres sur les parois desquelles elles se condensent; les noirs qui se déposent dans les différentes chambres sont plus ou moins denses, suivant la proportion d'eau et d'huile qu'ils contiennent, et ils sont enlevés séparément.

La confection des charbons de lampe ne permet pas d'employer du noir contenant plus de 0,5 % d'eau ou d'huile, et si cette teneur est dépassée, il est nécessaire d'évaporer l'excès. La teneur en cendres admissible est beaucoup moindre; pour les électrodes de première qualité, on ne tolère pas plus de 0,02 % de cendres.

Aux Etats-Unis, où l'on fabrique beaucoup de noir de fumée en brûlant les gaz naturels, on emploiera vraisemblablement ce produit dans l'avenir, lorsque l'industrie de la fabrication des crayons s'y sera développée.

Le coke de houille ou de pétrole, qui conduit mieux l'électricité que le noir de fumée, est recommandable à la condition d'être pur; on ne peut y tolérer plus de 0,25 % de cendre.

Le goudron utilisé est ordinairement du goudron de houille, bien que l'on puisse aussi faire usage du goudron de pétrole.

On ne peut employer le goudron tel qu'il est fourni par les usines à gaz; il faut d'abord l'épurer par filtrage; on opère au moyen de filtres-presses, en chauffant la matière ou en le délayant par le benzol; en Allemagne, on fait également usage de séparateurs rotatifs.

Pour pouvoir entrer dans la fabrication des électrodes, le goudron ne doit pas contenir plus de 0,02 % de cendres; il doit, en outre, être débarrassé de l'eau et des produits distillant à basse température qu'il peut contenir, ce qui s'effectue en le chauffant pendant un temps suffisant. On le place, à cette fin, dans des cuves ouvertes contenant un serpentin où passe une circulation de vapeur.

On chauffe d'abord à une température légèrement inférieure à la température d'ébullition de l'eau; dans cette première phase, on élimine la plus grande partie de l'eau, les huiles facilement volatilisables et la naphthaline; on prolonge le chauffage pendant un temps assez long pour qu'il ne reste pas plus de 1 % d'eau.

On porte ensuite la température à 300° C, puis au rouge, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs.

Le résidu solide représente approximativement 30 % de la masse au début du traitement.

La poix est traitée de la même manière; la teneur maximum en cendres est de 4 %.

PRÉPARATION DES MATIÈRES PREMIÈRES. — Les matières premières convenablement traitées sont mélangées dans la proportion

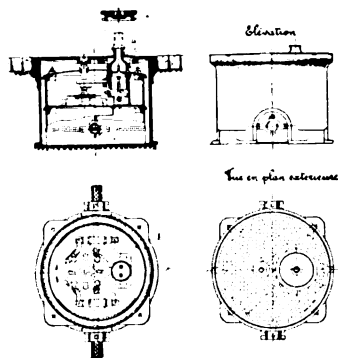


FIG. 4. — Schéma de la prise de courant.

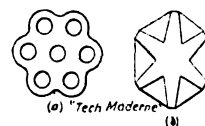


FIG. 1. — Electrodes (a, positive; b, négative) de lampes à arc régénératrices.

de 135 kg à 138 kg de goudron et 100 kg de noir de fumée pour être transformées en noir de fumée cuit.

Dans ce but, le mélange est moulé, à l'aide de presses hydrauliques, en cubes d'une trentaine de centimètres de côté et qui

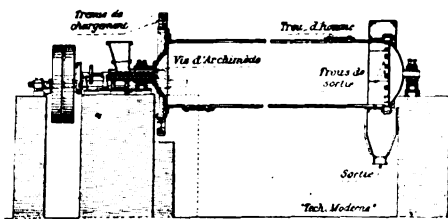


FIG. 2. — Dispositif d'un moulin tubulaire pour le broyage.

sont ensuite cuits au four, à une température d'au moins 1 000° C; les meilleurs résultats sont obtenus en allant de 1 300 à 1 400° C.

Les blocs refroidis, sont concassés puis réduits en une poudre fine, qui est le noir de

fumée cuit. Le broyage s'effectue de préférence dans des moulins coniques, ou mieux dans des moulins tubulaires à billes (fig. 2).

Ces derniers consistent en un tube cylindrique de 7^m,5 de longueur sur 1^m,5 de largeur et tournant autour de son axe longitudinal à une vitesse de 25 à 30 tours par minute; le cylindre est muni d'un revêtement intérieur en bois tendre; on le remplit au tiers, environ, de la matière à traiter; le broyage se fait sous l'action de cailloux de la grosseur d'un œuf d'oie. Parfois, on en opère sans cailloux, mais l'opération est alors plus lente.

Le revêtement est renouvelé après quelques mois d'usage; le tube possède des trous d'homme en prévision de ce renouvellement.

COMPOSITION DES CRAYONS. — Les électrodes de bonne qualité sont, par exemple, fabriquées au moyen d'un mélange de :

100 kg de noir de fumée brut, 100 kg de noir de fumée cuit ou de déchets de crayon, 1 kg d'acide borique, 160 kg de goudron.

La proportion de goudron nécessaire n'est pas immuable; elle varie suivant le diamètre des crayons que l'on doit fabriquer; il faut moins de liant pour les petits crayons.

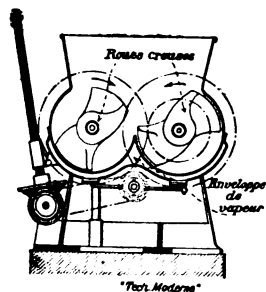


FIG. 3. — Dispositif d'un mélangeur.

Le mélange s'effectue à l'aide d'une machine comprenant deux tambours chauffés à la vapeur et dans lesquels se déplacent deux mélangeurs formés par des roues creuses, également chauffées à la vapeur (fig. 3).

On charge d'abord les matières solides, en poudre, puis, quand elles sont mélangées, le goudron; on chauffe sans interruption pendant une heure environ; après quoi, on

dérive le contenu des tambours en faisant basculer ceux-ci.

Au lieu du mélange ci-dessus, on peut employer, pour former la pâte, un mélange composé de noir de fumée cuit, de poix et de goudron, sans noir de fumée brut; ce genre de mélange est préféré en Amérique, parce que les électrodes ainsi constituées peuvent être cuites placées horizontalement, tandis que les autres doivent être placées verticalement, sous peine de se craqueler pendant la cuisson.

Lorsque l'on emploie du coke, on forme le mélange de :

Coke en poudre	100 kg
Déchets de crayons	100
Noir de fumée cuit	60
Noir de fumée brut	40
Acide borique	3
Goudron	155

En tout cas, avant de passer aux machines, la pâte doit être pétrie, par exemple au moyen de meules (rolling mills); comme machine de ce dernier genre, il vaut mieux employer celles à cylindres tournant et cuve fixe; dans les machines à cylindres fixes et cuve tournante, il est plus difficile d'avoir une égale pression dans toutes les parties.

FAÇONNAGE DES CRAYONS. — Le confectionnement des crayons se fait à la presse hydraulique. Une charge de pâte est placée dans un moule cylindrique et soumise à l'action de la presse; une seconde charge est traitée de même, puis une troisième, et ainsi de suite jusqu'à ce que le moule soit rempli d'un cylindre homogène.

Pour être converti en crayons de lampe définitivement, ce cylindre est introduit dans une presse spéciale (fig. 4) formée de deux parties A et B réunies ensemble par deux arbres; la première partie A est munie d'une filière *n*, par laquelle la matière est refroidie; la partie B se compose d'un cylindre hydraulique et d'un piston *k*.

Fixée au piston *k*, une pièce *z*, portant, par son extrémité inférieure sur le segment denté *s*; à la pièce *z* est relié le cylindre creux *c*, porté par la pièce *h* glissant sur l'arbre inférieur.

C'est ce cylindre *c* qui reçoit le cylindre de matière formé par

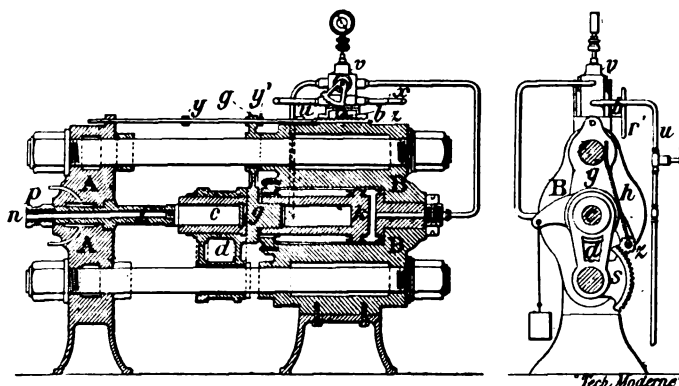


FIG. 4. — Dispositif de la presse hydraulique pour la fabrication des électrodes.

la presse dans la précédente opération; une pièce portant la roue dentée *z*, qui engrène dans le segment denté *s*, permet de le faire tourner avec la pièce *d* autour de l'arbre inférieur pour y introduire le cylindre de matière.

Ce mouvement s'exécute sous l'action d'un levier *h* et un contrepoids facilite les déplacements.

La tige dentée *z'*, pourvue des arrêts *y* et *y'*, qui déplace *g* vers la droite ou vers la gauche tandis qu'elle engrène elle-même avec la roue *b* du segment denté de la valve *v*, règle le fonctionnement de la presse; la roue *b* peut être déplacée à la main au moyen du volant *r'*.

Lorsque la valve *v* est ouverte, le cylindre *c* est chassé vers l'avant et il refoule la matière à travers l'orifice *n* sous forme d'une tige droite; la partie A est chauffée par un enveloppement de vapeur.

Pour produire des électrodes creuses, on agence sur le tuyau de refoulement *i*, à la place de *p*, une embouche *m* (fig. 5), à l'intérieur de laquelle est maintenue au centre, par trois tiges *s* et une bague *r*, une tige centrale *d*, dans une chambre conique *u*, de transition.

La part sort alors de l'orifice de l'embouchure sous forme de bâton présentant un creux central de diamètre correspondant à l'extrémité de la tige *d*.

Le diamètre de l'embouchure et celui de la tige *d* doivent être un peu plus grands que les dimensions finales requises, une légère déformation se produisant pendant la cuisson.

La pression requise pour la confection des crayons est de 100 kg à 125 kg par cm², en travaillant à une température de 80 C et avec des crayons au goudron; avec les crayons à la poix, la

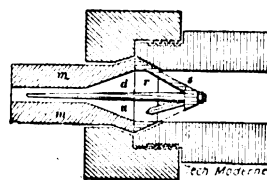


FIG. 5. — Embouchure pour la confection d'électrodes creuses.

pression et la température doivent être plus fortes ; on chauffe même parfois l'embouchure dans une flamme de gaz.

Cuisson. — Les tiges sortant de la filière sont coupées à la main en pièces de 1^m,20 à 1^m,50 de longueur et réunies en paquets de 25 cm de diamètre.

Ces paquets sont laissés de côté pendant quelques jours, puis ils sont placés verticalement dans des boîtes cylindriques fermées par un couvercle ; ces boîtes sont ordinairement confectionnées par la fabrique même ; on les fabrique avec un mélange de 30 parties de kaolin, 20 parties d'argile réfractaire, 50 parties de déchets de bois pulvérisés ; ces matières, additionnées d'eau, sont moulées, puis mises à sécher ; elles sont ensuite enduites d'un mélange vitrifiable et cuites à 1 300°C.

Les boîtes de bonne fabrication et bien manipulées peuvent servir pour une quinzaine de cuissons.

La cuisson se fait ordinairement dans des fours annulaires, formés de chambres — 32 par exemple — disposées en circonférence et où les gaz chauds circulent d'une façon ininterrompue ; les chambres ont communément 2^m,70 de longueur, 1^m,5 de largeur et 1^m,8 à 2^m,1 de profondeur, pour un four permettant de cuire 3 000 kg d'électrodes par jour.

Le feu progresse d'une chambre à l'autre, avançant régulièrement de 4 compartiments par jour, de sorte qu'il faut huit jours environ pour faire le tour ; l'air pour la combustion est admis par les chambres que le feu vient de quitter, de sorte que la combustion donne une température de 1 400°C approximativement ; les gaz, à 200° C, sortent une dizaine de chambres plus loin.

On chauffe au gaz de gazogène, bien épuré, ou au gaz naturel ; le tirage doit se faire sous une pression aussi faible que possible, pour éviter la détérioration des creusets ; une pression de 2 mm d'eau suffit.

FINISSAGE. — Les électrodes cuites sont coupées à longueur ; l'un des bouts est taillé en pointe, l'autre égalisé.

On introduit ensuite la mèche ; celle-ci est préparée au moyen de petites presses automatiques, à poids ou hydrauliques, ou à main ; l'enfilage à la main est préférable pour les crayons à coquille peu épaisse, parce qu'il permet d'opérer avec plus de précaution ; l'enfilage automatique convient bien pour les charbons courts et gros.

Après la mise en place de la mèche, les électrodes sont séchées à une température de 150° C ; cette opération doit être conduite très lentement, car il faut maintenir un bon contact entre le noyau et le corps, de façon que le passage du courant se fasse toujours régulièrement.

CRAYONS A FIL MÉTALLIQUE. — Les crayons de lampe à arc-flamme de longue durée, qui ont généralement une quarantaine

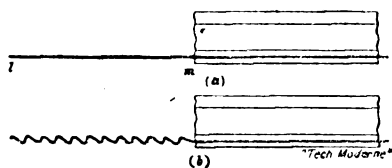


FIG. 6. — Schéma de la mise en place du fil d'armature.

de centimètres de longueur, occasionnent une chute de voltage très appréciable (jusqu'à 10 volts), et il est bon d'y loger un fil conducteur.

Ce fil est placé soit dans le trou de la mèche et serré alors par celle-ci, au moment où elle est elle-même

mise en place, soit dans un trou spécial, adjacent à celui de la mèche ou dans le corps même.

Dans ce dernier cas, il est indispensable de faire en sorte que le fil soit bien en contact avec la masse ; pour cela, on fait d'abord passer le fil dans le trou et on le fait émerger d'une certaine longueur, on l'ondule entre deux cylindres cannelés, puis on retire la partie ondulée dans le trou (fig. 6).

A la partie supérieure, le fil est rabattu, aplati et enroulé autour du charbon pour fournir un bon contact avec le porte-électrode ; certains constructeurs produisent même un dépôt galvanique.

On emploie des fils de zinc, de laiton ou d'étain ; le laiton ne peut être employé qu'à l'intérieur de la mèche ; quand il est placé dans la mèche, le cuivre s'oxyde et produit dans la lampe un dépôt brun ; le diamètre varie de 1/2 mm à 3/4 mm.

On a essayé l'emploi de l'aluminium, mais ce métal ne convient pas parce qu'il se recouvre d'une pellicule d'oxyde isolante.

M.

GÉNIE MARITIME

Les cuirassés « Jean-Bart » et « Courbet ».

Les cuirassés français *Jean-Bart* et *Courbet*, qui ont été lancés récemment, ont été mis en chantier, en 1910, à Brest et à Lorient. Ils sont les premiers d'une série de 16 cuirassés de fort tonnage, construits en France. Cependant, si le *Jean-Bart* a un déplacement normal de 23 467 t, il est de beaucoup dépassé par les cuirassés américains *Arkansas* (26 400 t) et *New-York* (27 000 t) et surtout par le cuirassé argentin *Revidivia* (28 000 t). Les derniers cuirassés anglais, type *King-Georges V* et les derniers cuirassés allemands, type *Kaiser*, ont le même déplacement que notre *Jean-Bart*. La longueur du *Jean-Bart*, qui est de 165 m, est inférieure à celles de l'*Arkansas* (168^m,90) et du *Revidivia* (178^m,20). La largeur du cuirassé français dont nous parlons est de 27 m contre 28^m,42 pour le cuirassé américain et 29^m,87 pour le cuirassé argentin. Par contre, le tirant d'eau du *Jean-Bart* est de 9 m, tandis que celui du cuirassé américain n'est que de 8^m,69 et celui du cuirassé argentin de 8^m,38.

Le *Jean-Bart* est muni d'une cuirasse de 0^m,30 d'épaisseur. La superposition du cuirassement de la ceinture et du cloisonnement de la tranche cellulaire protège le navire contre l'artillerie ennemie. Mais cette protection ne descend pas au-dessous du pont blindé sur lequel repose la tranche cellulaire : la carène est donc sans défense contre les torpilles. L'attaque d'un sous-marin pourrait détruire ou tout au moins rendre le cuirassé inutilisable.

Le *Jean-Bart* avec ses 12 canons de 305 mm, répartis en 6 tourelles, est muni du plus puissant armement qui existe actuellement sur un navire. Notre cuirassé ne peut utiliser que 10 de ses pièces pour sa bordée du travers. Mais il a l'avantage de tirer en chasse et en retraite avec 8 canons.

Les turbines du *Jean-Bart* et du *Courbet* développeront une puissance de 23 100 chevaux sur les arbres de leurs trois hélices. Leur vitesse sera de 20 nœuds. L'approvisionnement normal de charbon est de 900 t.

P. B.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE

Groupes des ressorts à boudins.

M. Pierart a donné (*) la théorie relative aux groupes de ressorts à boudins employés dans le matériel de chemins de fer. Il a démontré les différents points suivants :

- Les diamètres des fils doivent être proportionnels aux rayons d'enroulement ;
- Les charges pour chaque ressort sont proportionnelles aux carrés des diamètres des fils ;
- Les charges pour chaque ressort sont proportionnelles aux carrés des rayons d'enroulement.

Il nous a paru intéressant de donner l'application de ces principes à un groupe de 3 ressorts et nous avons pris un exemple pratique :

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 1 (janvier 1910), p. 21. et n° 2 (février 1910), p. 85.

Formule qui permettra de déterminer la fatigue admissible pour obtenir une flèche donnée.

Appliquons-la à chacun des ressorts.

Ressort n° 1 :

$$35 = t \times \frac{2 \times 2\,800 \times 90}{8\,000 \times d},$$

$$35 = \frac{63t}{d},$$

$$t = \frac{35d}{63} = 0,555d.$$

$$\text{Moment tordant} = 1\,380 \times 90 = 124\,200.$$

$$0,2d^3t = 124\,200,$$

$$t = \frac{124\,200}{0,2d^3} = \frac{621\,000}{d^3},$$

$$0,555d = \frac{621\,000}{d^3},$$

$$0,555d^4 = 621\,000,$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{621\,000}{0,555}} = 32 \text{ mm.}$$

$$t = 32 \times 0,555 = 17,8 \text{ kg.}$$

Ressort n° 2 :

$$35 = t_1 \times \frac{2 \times 2\,800 \times 61}{8\,000 \times d_1},$$

$$35 = \frac{t_1 \times 42,7}{d_1},$$

$$t_1 = \frac{35d_1}{42,7} = 0,82d_1.$$

$$\text{Moment tordant} = 640 \times 61 = 39\,040.$$

$$0,2d_1^3t_1 = 39\,040,$$

$$t_1 = \frac{39\,040}{0,2d_1^3} = \frac{195\,200}{d_1^3},$$

$$0,82d_1 = \frac{195\,200}{d_1^3},$$

$$0,82d_1^4 = 195\,200,$$

$$d_1 = \sqrt[4]{\frac{195\,200}{0,82}} = 22 \text{ mm.}$$

$$t_1 = 22 \times 0,82 = 18 \text{ kg.}$$

Ressort n° 3 :

$$35 = t_2 \times \frac{2 \times 2\,800 \times 40}{8\,000 \times d_2},$$

$$35 = t_2 \times \frac{28}{d_2},$$

$$t_2 = \frac{35d_2}{28} = 1,25d_2.$$

$$\text{Moment tordant} = 280 \times 40 = 11\,200.$$

$$0,2d_2^3t_2 = 11\,200,$$

$$t_2 = \frac{11\,200}{0,2d_2^3} = \frac{56\,000}{d_2^3},$$

$$1,25d_2 = \frac{56\,000}{d_2^3},$$

$$1,25d_2^4 = 56\,000,$$

$$d_2 = \sqrt[4]{\frac{56\,000}{1,25}} = 14,6 \text{ soit } 14 \text{ mm.}$$

$$t_2 = 14,6 \times 1,25 = 18,2 \text{ kg.}$$

Les hauteurs à bloc sont de :

N° 1.	32 × 5	= 160 mm
N° 2.	22 × 7,3	= 160 —
N° 3.	14 × 11,4	= 160 —

A. NACHTERGAL,

Ingenieur,
Professeur à l'Ecole Industrielle
d'Houdeng-Aimeries (Belgique).

Le chauffage des chaudières au charbon pulvérisé.

Le chauffage des générateurs de vapeur au charbon pulvérisé est d'introduction relativement récente, et l'on possède encore fort peu de résultats, tant numériques que pratiques, relatifs à l'emploi de cette forme de combustible.

Les renseignements fournis par notre confrère américain Power, au sujet d'une installation de chauffage au charbon pulvérisé pour une chaudière de 300 chevaux, méritent donc l'attention des spécialistes. En service depuis plus d'un an, elle avait fonctionné environ deux cents jours au moment où M. W. S. Worth a publié à son sujet une note que nous allons résumer.

Dans cette installation (fig. 1 et 2) d'un système inventé par

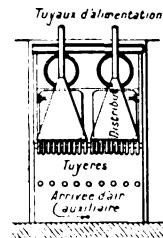


FIG. 1.

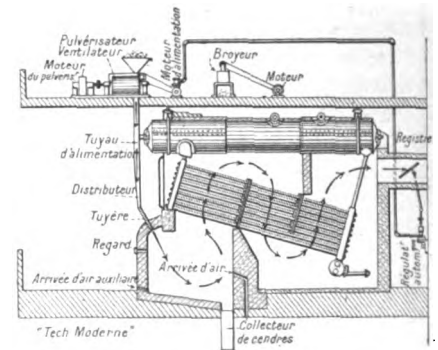


FIG. 2.

Dispositif d'un appareil de chauffage au charbon pulvérisé, système J.-E. Blake.

J. T. Blake, de New-York, le charbon est d'abord concassé en menus morceaux par un broyeur ordinaire, du type « moulin à café » qu'actionne un moteur d'un cheval. Le combustible, houille grasse de qualité inférieure, est chargé à la pelle dans le broyeur (fig. 2) et de façon intermittente. Au sortir du broyeur, il est transporté à la main dans la trémie du pulvérisateur-ventilateur (fig. 3 et 4). Une vis d'alimentation, que commande un petit moteur spécial, fait tomber le charbon concassé dans le pulvérisateur. Ce dernier, commandé par un moteur électrique de

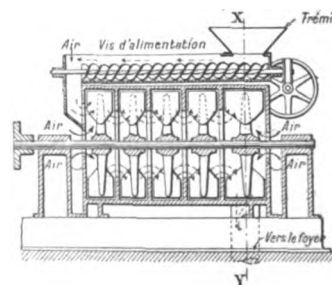


FIG. 3. — Coupe longitudinale.

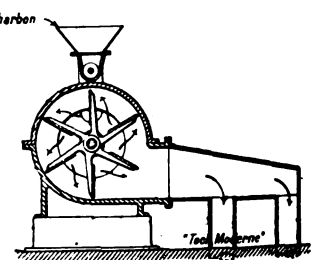


FIG. 4. — Coupe par XY.

Schéma du pulvérisateur-ventilateur.

12 chevaux qui lui est directement accouplé, se compose d'une série de roues à ailettes en acier trempé dur tournant à 1200 tours par minute. La finesse de pulvérisation dépend de la nature du charbon et de la longueur de flamme ; elle correspond généralement au tamis de 80 à 120 mailles au pouce linéaire (25mm/4). La section des orifices d'admission d'air B et C se règle à volonté. La pression de décharge du mélange d'air et de charbon pulvérisé varie entre 7 mm et 13 mm d'eau. Celui-ci arrive par des tuyères au foyer en briques réfractaires, mesurant 1m,50 de long, 2m,15 de haut et 1m,85 de large.

L'alimentation en charbon, réglée par la vitesse du moteur de commande de la vis transporteuse, est contrôlée automatique-

ment par un régulateur; elle augmente quand la pression baisse à la chaudière. Ce régulateur, établi derrière la chaudière, commande également un registre de tirage.

Voici les résultats d'un essai fait avec cette installation de chauffage aux usines Henry Phipps, à Pittsburg :

Durée de l'essai	6 heures.
Poids total de charbon brûlé	2 350 kg
— d'eau vaporisée.	2 560 kg
Température moyenne de l'eau d'alimentation	85°/4 C.
Pression moyenne de la vapeur	11 kg 4.
Facteur de vaporisation.	1 084
Eau vaporisée par kg de charbon.	10 kg 88.
— à 100° —	11 kg 725
Rendement thermique (charbon de 8000 calories)	78,93 %.
Puissance développée.	294 chev. 6
Température des gaz brûlés.	195° C.
Consommation de charbon par cheval-heure	1 kg 33.

D'autres essais ont donné des rendements qui n'ont jamais été inférieurs à 77 %. On remarquera la basse température des gaz d'échappement. En service courant, on a constaté une économie de combustible de 11 % par rapport aux autres chaudières des mêmes usines; ce charbon est d'ailleurs de 20 % moins cher que celui brûlé dans les autres générateurs. On estime également que ce chauffage donnant une température plus régulière, l'usure et la détérioration seront moindres pour les appareils.

L. D.

Dispositif interne pour le chauffage des chaudières à vapeur par le naphte (système Akman).

Ce dispositif se distingue des autres, car il peut être employé à la fois pour les chaudières destinées au chauffage des habitations, c'est-à-dire à marche intermittente et pour les générateurs industriels.

Il se compose essentiellement (fig. 1) de deux coffres en fonte 2 et 3, placés directement dans le foyer. Ceux-ci communiquent entre eux par les tubes 4 et 5. Dans 2 se trouve un serpentin 6 en cuivre rouge dans lequel se vaporise le naphte destiné au chauffage. L'extrémité inférieure de ce serpentin est pourvue d'un robinet 7' et est en communication avec le bac d'alimentation du combustible — de même 8, pourvu du robinet 8' va à l'injecteur.

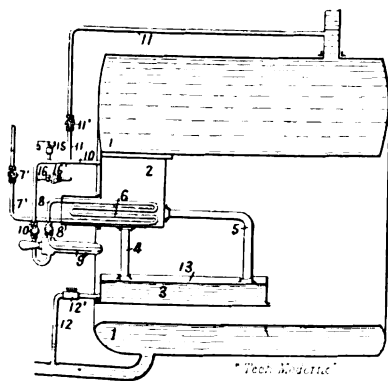


FIG. 1. — Dispositif interne pour le chauffage des chaudières à vapeur par le naphte (système Akman).

— La caisse 2 est réunie à cet injecteur par le tube 10, munie du robinet 10'. Un branchement 11 avec robinet 11', part de 10 pour

aller à la partie supérieure du générateur, 10 porte une soupape de sûreté 15 et un tuyau de purge 16 avec robinet 16'. Le coffre supérieur possède un manomètre et un tube de niveau fixé aux ouvertures 14-14 (fig. 2). Le coffre 3 est réuni avec la partie inférieure de la chaudière par le tube 12 à un robinet 12'.

Les parois verticales de la caisse 3 forment des rebords constituant un bac 13. Pour mettre en marche ce système, on ferme 11', 16', 7', 8' et 10' et on ouvre la valve d'alimentation 12'; l'eau commence à monter et remplit 3, par 4 et 5, arrive à recouvrir le serpentin 6; à ce moment on ferme 12'. On verse du naphte sur le bac 13, qu'on allume avec un bout de papier. Au bout de dix à vingt minutes, l'eau de 2 et 3 entre en ébullition; à

ce moment on ouvre lentement 10' pour chauffer et sécher l'injecteur. Quand la vapeur en sort sèche, on ouvre lentement 7' et 8', et le naphte qui arrive dans l'injecteur prend feu au contact des flammes du bac 13.

La marche continue automatiquement et l'effet maximum est atteint avec une pression de 15 à 20 livres correspondant à une flamme blanche et brillante. Si la pression est trop forte, on peut la diminuer en ouvrant 16', ou bien en réglant 15. Le naphte est tellement chauffé dans 6 qu'il est presque vaporisé, ce qui diminue la dépense de vapeur pour pulvérisation. L'alimentation en eau des coffres 2 et 3 se fait automatiquement par 12' convenablement ouvert, dès que l'ébullition commence. Pour arrêter le chauffage, on ferme 7 et comme, par un refroidissement brusque, les coffres en fonte et les maçonneries du foyer pourraient se disloquer, on ferme 10' et on ouvre 11' et 12', ce qui provoque une circulation d'eau du générateur qui se refroidit lentement.

Pour un nouvel allumage, il faut nécessairement fermer 11' et 12' et vider une partie de 2 à l'aide du tube de niveau.

Pour les chaudières industrielles, on peut supprimer 3, 2 étant en communication directe avec la chaudière; pour la mise en marche, on ouvre 7', 8' et 10'.

A. LIÉVIN.

MÉTALLURGIE ET TRAVAIL DES MÉTAUX

Des procédés à employer pour colorer les métaux.

La coloration des métaux a pour but, non seulement d'en modifier l'apparence, mais souvent de les protéger contre les agents atmosphériques ou autres causes d'altération.

Depuis longtemps, on a reconnu la nécessité d'employer des colorants artificiels en métallurgie et les procédés adoptés ont suivi de très près les progrès considérables effectués ces dernières années dans l'art de produire et travailler les métaux. Néanmoins l'expérience et les tours de main jouent encore un rôle très important et, avec la plupart des méthodes préconisées, sont nécessaires pour obtenir des résultats satisfaisants.

PRINCIPES FONDAMENTAUX. — 1° Essayer toujours sa méthode, avant de travailler en série, sur un échantillon du métal à colorer;

2° Faire subir au métal la préparation nécessaire avant de le colorer; dans bien des cas, il n'est pas indifférent de colorer l'objet à l'état poli ou mat, etc.;

3° Surveiller l'usure des bains employés;

4° Comme on ne peut colorer chimiquement que les métaux pouvant donner des oxydes, sulfures ou autres composés colorés, il est souvent nécessaire de leur faire subir une préparation spéciale; par exemple, très souvent on recouvre le zinc d'une couche de cuivre, car les différents composés du zinc sont presque tous blancs;

5° Il est fondamental, avant tout traitement, de faire subir à l'objet un nettoyage et décapage complets afin de le débarrasser de toute trace de malpropreté, poussière, graisse, oxydes, etc.

NETTOYAGE ET DÉGRAISSAGE. — Le nettoyage est obtenu par des lavages répétés à l'eau; on frotte avec de la paille de fer, du sable, toile émeri, etc. On dégraisse les objets de petites dimensions en les trempant dans de la benzine, de l'éther, etc., travail essentiellement effectué pendant la journée pour diminuer les chances d'incendie. Pour les objets de grosses dimensions on se sert d'une solution brillante de 1 partie de soude caustique dans 10 parties d'eau qui saponifie les graisses (éviter de tremper les objets d'étain dans cette solution; on les nettoiera avec des solutions de 1 de carbonate de soude ou potasse dans 10 d'eau).

La propreté du métal sera vérifiée en s'assurant que la surface s'humidifie d'une façon régulière. La manutention des objets lavés et dégraissés s'effectuera en évitant le contact avec tout corps gras, tel que les doigts; on pourra employer des gants en caoutchouc, etc.

Lorsque, avant la coloration, on fait une couverture galvanique, il est économique de faire le dégraissage électrolytique; le bain est constitué alors par une solution de soude ou potasse caustique, l'alcali entraîné à la cathode saponifie la graisse et l'oxygène débarrasse mécaniquement l'objet des poussières et corps gras. Le nettoyage chimique, qui se fait toujours après le nettoyage mécanique, a pour but d'enlever les dépôts oxydés ou sulfurés.

On se sert pour cela d'une solution acide, dont la composition varie avec les métaux et est fixée empiriquement en s'appuyant sur des résultats d'expérience. Cette partie du traitement est extrêmement importante, un mauvais nettoyage chimique étant la cause la plus fréquente des insuccès obtenus.

Nous allons passer rapidement en revue quelques-unes des méthodes employées pour ce nettoyage.

Le zinc est généralement recouvert d'une mince couche de sous-oxyde; on l'enlève facilement au moyen d'eau acidulée (1 de SO_4H^2 dans 10 à 20 d'eau). Si la couche de sous-oxyde étant trop épaisse nécessitait un contact prolongé avec la solution acide, pour éviter l'attaque du zinc lui-même, il serait préférable d'employer un mélange à parties égales d'acide sulfurique et d'acide azotique dilué à 36° B, qui nettoie complètement le zinc en une ou deux secondes. On lave ensuite à grande eau. Au cas où l'on devrait faire plusieurs opérations, il ne faut jamais oublier de sécher l'objet entre chacune d'elles.

Lorsque, par suite de leurs trop grandes dimensions, certains objets ne peuvent être plongés dans les bains précédents, on les frotte avec une éponge ou brosse douce, imprégnée d'une solution de tartrate d'ammonium et potassium faite avec 250 g de tartre dans 1 litre d'eau chauffée à 75°, auquel on ajoute ensuite du carbonate d'ammonium jusqu'à ce que l'effervescence cesse.

Lorsque l'objet ne peut être coloré immédiatement, il est, soit séché avec un linge exempt de graisse, soit placé dans une solution de tartre ou de tartrate d'ammonium et potassium.

Pour le *cuivre* et ses alliages, on emploie un mélange de 100 parties d'acide sulfurique concentré (66° B) et 75 parties d'acide azotique (40° B).

Si l'on veut une coloration brillante, ajouter 10 g de chlorure de sodium pour 3 kg 5 de solution.

Si l'on désire par la suite une coloration mate, employer de préférence le mélange de 1 kg d'acide azotique (36° B), 0 kg 5 d'acide sulfurique concentré, 5 g de chlorure de sodium et 5 à 25 g de sulfate de zinc. L'objet sera d'autant plus mat qu'il aura séjourné plus longtemps dans le bain.

Après chaque décapage, un bon lavage à l'eau est absolument nécessaire; car des traces résiduelles d'acide peuvent détruire l'effet du bain colorant. Il est bon aussi de mettre l'objet dans une solution faible de carbonate de soude et d'eau de chaux.

Les objets ainsi nettoyés sont prêts à être colorés. S'ils ne doivent pas l'être immédiatement, nous recommandons de les laisser tremper dans un bain de tartre.

Le décapage des objets en *fer et acier* est fait par l'acide azotique concentré auquel on ajoute du noir de fumée. On obtient ainsi assez difficilement une surface prenant bien la couleur. On arrive à de meilleurs résultats avec addition de 1 % d'acide sulfurique dans le bain précédent pour le fer, 1 % pour l'acier.

Pour l'acier poli, il est préférable d'employer une solution de sulfate de potasse.

Le plomb et l'étain sont tout simplement nettoyés au sable fin.

Pour l'*aluminium* qui devra rester brillant, c'est au moyen d'une lessive de soude que se fera le nettoyage chimique; s'il doit rester mat, on emploiera une lessive forte de soude donnant un vif dégagement de gaz; on lave ensuite, puis l'on sèche.

On débarrasse l'*argent* des dépôts jaunes ou bruns foncés de sulfure d'argent au moyen d'acide sulfurique dilué (1 à 5) ou encore en faisant bouillir les objets dans une solution de 1 partie de tartre, 2 parties de chlorure de sodium, et nettoyant avec un

chiffon imprégné d'une solution de sulfate de potassium à 5 %.

Bien que l'*or* soit inaltérable, il faut lui faire subir un décapage. Ses alliages sont frottés avec un chiffon imprégné d'une solution de borax à 3 %.

Si l'on désire une coloration mate, on recouvre l'objet d'un mélange fondu de 8 parties de salpêtre, 5 d'alun et 7 de sel de cuisine, puis l'on chauffe et plonge dans l'eau froide. La chaleur dégage des chlorures qui rongent légèrement la surface.

COLORATION DES DIFFÉRENTS MÉTAUX. — La coloration du cuivre et de ses alliages nous arrêtera plus longtemps à cause de sa grande importance. D'ailleurs, dans beaucoup de cas, au lieu de colorer un métal quelconque par des procédés chimiques, il est plus simple de le recouvrir électrolytiquement d'un fin dépôt de cuivre qui sera ensuite coloré par les méthodes que nous allons indiquer. On a recours à cette méthode parce que la gamme de couleurs à laquelle on arrive sur le cuivre est beaucoup plus variée, plus belle et plus solide que sur les autres métaux.

COLORATION DU CUIVRE. — Avant de commencer toute opération, même pour les métaux autres que le cuivre, il est bon de plonger les objets dans un mélange à parties égales d'eau et d'alcool qui a la propriété de débarrasser la surface de bulles d'air adhérentes et de favoriser le séchage de la solution colorante.

On peut obtenir par chauffage au bain de sable une série de tons variables avec la température et la durée du chauffage, donnant les rose, orange, violet, blanc d'acier, jaune lait, rose clair, vert. Pour avoir ainsi des résultats satisfaisants, il faut porter l'objet à une température égale dans toutes ses parties; de plus, comme sorti du bain il continuera, par suite de la chaleur emmagasinée, à s'oxyder et à s'assombrir; on devra le refroidir rapidement dans l'eau un peu avant qu'il ait atteint le ton désiré. Comme on le voit, cette méthode exige une grande habitude et beaucoup d'expérience. Une personne inexpérimentée s'en tirera mieux en employant les procédés indiqués plus loin.

Rouge brun constitué par du protoxyde de cuivre. — On passe avec une brosse, un mélange intime de 5 parties d'hématite et 8 de graphite dilué dans de l'alcool; on laisse cette couche vingt-quatre heures environ, puis l'on frotte avec une brosse demi-dure jusqu'à ce que la surface soit unie et brillante. En variant les proportions respectives d'hématite ou de graphite, on variera les tons obtenus.

Vaisselle de cuivre. — Pour les colorer, on emploie souvent le mélange suivant : 1 partie d'écorce d'arbre pulvérisée, 4 parties d'hématite, 4 parties de sulfate de cuivre mélangés avec du vinaigre; les plats sont plongés dans cette mixture et séchés au feu jusqu'à coloration noire, puis lavés et asséchés. On obtient la teinte appelée « english brown ».

Médailles. — On leur donne une jolie teinte brune de la manière suivante :

On fait bouillir ensemble 35 g de sulfate de cuivre, 17 g 5 d'azotate d'ammonium et 7 litres d'eau jusqu'à réduction du volume à 1 litre et demi environ; on ajoute alors 1 litre et demi de vinaigre, on filtre et ajoute de l'eau jusqu'à ce que le volume soit de 5 à 6 litres. Les médailles sont alors plongées dans ce mélange bouillant. On peut aller jusqu'à la teinte noire en les chauffant sur une plaque en fer.

Marron. — Cette coloration, appelée en Angleterre « brown oxyde », est obtenue en traitant les objets avec une solution chaude de 25 g à 30 g de sulfure d'ammonium dans 1 litre d'eau. La coloration est dominée par le sulfure de cuivre formé. Après séchage, l'objet est frotté avec de la poudre d'hématite.

Bronzage. — On emploie le procédé suivant : immersion dans une solution bouillante de 2 g de chlorure de platine dans 1 litre d'eau. Aussitôt qu'une coloration visible est obtenue, immerger dans une deuxième solution de 5 g de chlorure de platine dans 1 litre d'eau chauffée à 50° environ, jusqu'à ce que l'on ait obtenu le ton désiré.

On peut aussi obtenir la gamme complète entre le bronze et le gris acier. Il faut avoir soin d'agiter constamment l'objet dans chacun des bains.

Noir. — Est obtenu par immersion dans un bain constitué par le mélange de 600 g d'azotate de cuivre, 300 g d'eau, 1 à 2 g d'azotate d'argent, puis chauffage de l'objet.

Gris acier. — On plonge dans une solution chaude appelée « *Sibii colorati* », constituée par un mélange de trichlorure d'ammonium et d'acide chlorhydrique.

Les lustres formant une série variant de l'orange à la terre cuite, rouge sang, etc., sont produits au moyen d'un mélange à 80° à volumes égaux de 130 g d'hyposulfite de soude dans 1 litre d'eau et de 25 g de sulfate de cuivre + 10 g de sulfate de cuivre cristallisé + 0 g 5 d'arséniate de soude dans 1 litre d'eau.

Patine artificielle. — Il est souvent utile de donner à certains objets d'art en cuivre une apparence antique. La méthode la plus pratique pour produire cette patine artificielle est la suivante :

Les objets sont placés dans une pièce maintenue aussi chaude que possible et rendue humide au moyen d'un vaporisateur qui introduit fréquemment de l'eau acétique. On obtient à la surface des cuivres ou bronzes un dépôt d'acétate basique qui, transformé en carbonate basique, formera la patine. A cet effet, on fait tomber dans un récipient contenant du carbonate de soude, de l'acide chlorhydrique dilué qui dégage l'acide carbonique nécessaire à la transformation. Il faut avoir soin, pendant la production d'acide carbonique, de maintenir l'humidité sur les objets avec de l'eau pure.

On obtient ainsi une patine d'autant plus naturelle qu'on l'a produite plus lentement ; seulement elle s'étend uniformément sur toute la surface de l'objet. En frottant aux endroits convenables avec des brosses ou des chiffons de laine, on arrive à donner un aspect parfait d'antiquité.

COLORATION DES ALLIAGES DE CUIVRE. — On peut donner à tous les alliages du cuivre les mêmes colorations qu'au cuivre en ayant soin de les recouvrir d'un léger dépôt de cuivre.

Pour le laiton, au moyen d'un chauffage on peut obtenir différentes couleurs.

Par immersion des objets en laiton dans une solution de 5 g de soude caustique et 10 g de carbonate de cuivre dans 50 g d'eau, on obtient des teintes allant du jaune d'or au carmin en passant par le rouge orange.

Les alliages contenant 50 % de cuivre plongés dans ce bain deviennent jaune d'or en 1 minute, rouge tirant sur le jaune en 2 minutes, marron de 3 à 10 minutes, violet-bleu en 10 minutes, bleu de 12 à 70 minutes. Un alliage à 85 % de cuivre passe du jaune or au noir bleuâtre.

Les teintes allant du jaune au marron sont produites au moyen d'un bain contenant 20 g d'acide arsénieux, 20 g de carbonate de potassium, 20 g d'eau chaude que l'on ajoute à 2 litres d'eau contenant 50 g de sulfate jaune d'ammonium.

Le noir est obtenu pour les alliages de cuivre comme pour le cuivre, ainsi que la teinte gris d'acier. Cette dernière s'obtient aussi au moyen d'un bain contenant 2 kg d'acide chlorhydrique, 400 g de limaille de fer, 100 g d'acide arsénieux, 50 g de la liqueur « *Sibii colorati* » définie plus haut. La dissolution étant faite à chaud, on laisse reposer, on filtre et l'on ajoute à la liqueur claire assez d'eau pour faire un volume de 2 litres.

Avec une solution de chlorure de cuivre, les alliages de cuivre et étain, au lieu de noircir, deviennent rouges.

COLORATION DU FER. — Les meilleures teintes s'obtiennent en recouvrant électrolytiquement le fer d'une couche de cuivre.

Tout le monde connaît les colorations variées obtenues par la chaleur ; la plus fréquemment recherchée est le bleu. On recouvre souvent certaines parties de ces objets d'un vernis et, au moyen de vinaigre qui laisse intactes les parties vernies, on arrive à une ornementation particulière.

Brunissage. — Nous indiquerons deux méthodes :

1° On chauffe dans un four tournant au gaz ou au charbon les objets mélangés à des volumes égaux de sciure de bois et huile de lin. La fumée épaisse ainsi produite suffit à donner la coloration noire ;

2° Une méthode plus économique est la suivante : On prépare un premier bain contenant 10 g de sulfate de cuivre dissous dans l'eau ; on y ajoute 15 g de chlorure stanneux et 20 g d'acide chlorhydrique, puis de l'eau jusqu'à volume total de 1 litre. Aussitôt que l'effervescence a cessé, on immerge l'objet à brunir pendant 10 minutes dans ce bain, puis, après un bon lavage à l'eau, on le plonge dans un deuxième bain froid formé par dissolution de 1 kg 5 d'hyposulfite de soude dans 75 grammes d'acide chlorhydrique et 1 litre d'eau. Pour le préparer, on commence par dissoudre l'hyposulfite dans l'eau et l'on filtre si nécessaire ; on ajoute ensuite l'acide chlorhydrique et on filtre à nouveau, s'il y a des particules de soufre précipitées. Le premier bain dure longtemps ; quant au bain sulfureux, après deux heures il doit être additionné d'un peu d'acide chlorhydrique.

Le brunissage des fusils est fait en dissolvant 2 parties de trichlorure d'antimoine et 1 partie d'acide gallique dans 4 parties d'eau. On étend au moyen d'une éponge cette solution sur les objets, on sèche et recommence jusqu'à ce que l'on ait obtenu la teinte désirée.

Entre chaque opération, on mouille l'objet avec de l'acide azotique dilué (1 pour 10 d'eau) et on le sèche au soleil si possible.

Une méthode encore plus fréquemment employée est la suivante : On mélange 1 partie de trichlorure d'antimoine à 4 parties d'huile d'olive, on agite et l'on enduit l'objet légèrement chauffé de ce liquide au moyen d'une fine brosse. On sèche à l'air pendant 3 ou 4 jours, puis on frotte les objets, on les lave à l'eau et les polit.

COLORATION DU ZINC. — On ne peut colorer directement le zinc qu'en noir ; pour obtenir les autres tons, on le recouvre électrolytiquement d'une mince couche de cuivre.

Pour obtenir la teinte noire, on dissout, dans 500 g d'eau chaude, 80 à 100 g de sulfate de cuivre et 40 g de chlorate de potasse. On laisse refroidir la solution, on la filtre et on l'étend avec une brosse douce sur l'objet à noircir. Au début, on obtient une teinte rouge qui noircit ensuite. Dès que le noir est apparu, on lave et l'on sèche. Quelquefois, pour que la teinte soit plus durable, on met la liqueur ci-dessus, de la sciure de bois et l'objet en zinc dans un cylindre tournant, puis termine en chauffant l'objet sur une plaque de fer.

On obtient un résultat analogue avec le mélange suivant : 90 g de trichlorure d'ammonium dans 800 g d'alcool et 60 g d'acide chlorhydrique. On l'étend sur l'objet au moyen d'un chiffon, puis l'on sèche le plus vite possible dans un endroit chaud et on frotte avec de l'huile de lin.

Les feuilles de zinc employées pour les toitures sont noircies par le mélange de 1 partie de chlorure de cuivre à 60 parties d'eau chlorhydrique.

COLORATION DE L'ÉTAÏN. — On obtient le noir avec une solution de chlorure ferrique ou avec une forte solution chlorhydrique de 12 parties d'acétate de cuivre, 3 de sel ammoniac et 20 d'acide acétique dans 50 parties d'eau.

COLORATION DE L'ALUMINIUM. — Le plus fréquemment, on commence par faire un dépôt électrolytique de cuivre et on emploie les méthodes décrites pour ce dernier. On obtient directement le noir au moyen du chlorure de platine.

Par chauffage, comme pour le cuivre, on obtient des teintes variées.

(A suivre.)

A. VIDAL.

Propriétés du duralumin.

Ce nouvel alliage d'aluminium avec de petites quantités déterminées de cuivre, de magnésium et de manganèse, présente des propriétés analogues à celles de l'acier doux, tout en possédant la

légèreté de l'aluminium. Sa densité est de 2,8, son point de fusion de 650° C, sa résistance à la rupture varie de 30 à 63 kg et son allongement de 0 à 20 %, suivant les différentes qualités de duralumin que prépare depuis peu l'industrie. Rappelons que l'aluminium pur a une densité de 2,58, fond à 650° C et présente une résistance à la rupture de 10 kg seulement et un allongement de 5 %. Le duralumin rendra de réels services dans la construction aéronautique et dans toutes les industries où l'on recherche un métal possédant les propriétés de l'acier, mais beaucoup moins pesant.

G. R.

PAPETERIE (INDUSTRIE DE LA)

La coloration du papier en surface.

(Suite et fin¹.)

Deux autres procédés nous restent à examiner. Un premier procédé, permettant d'obtenir des teintes différentes pour chacune des faces d'un même papier fini, consiste à coller, grâce à un système en continu, deux feuilles l'une sur l'autre, chacune d'elles étant préalablement colorée en pâte à la teinte désirée.

Schématiquement, la machine à coller est composée de dévidoirs sur lesquels se placent, en bobines, les papiers destinés à être assemblés, puis de bacs à colle pourvus d'un cylindre répartissant uniformément l'empois de fécule sur une face de la feuille, enfin de presses (deux cylindres roulant l'un sur l'autre) appliquant et serrant les faces enduites de colle l'une sur l'autre. L'assemblage se termine par un passage entre des cylindres sécheurs.

Pour que le collage se fasse bien, il faut un papier peu nerveux, reposé, et à un état d'humidité convenable, en un mot ne pouvant plus jouer, après l'application de la colle.

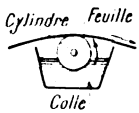


FIG. 2.

La principale difficulté opératoire est inhérente à un défaut général de construction des machines à coller, provenant de ce que l'espace situé entre le dispositif répartisseur et les cylindres qui appliquent l'une sur l'autre les deux feuilles est trop long. La colle sèche partiellement pendant le trajet, de sorte qu'au moment de l'application l'adhérence se fait irrégulièrement.

On voit ainsi que ce procédé bénéficie des avantages précités de la coloration en pâte tout en subissant les inconvénients considérables d'une deuxième opération : lenteur de travail, coût et déchet ; le déchet s'accroît encore du fait qu'il porte avant le collage sur deux feuilles, alors que le couchage n'exige qu'une seule feuille, et, en outre, des cassés, parfois énormes, qui proviennent d'un travail défectueux de la pâte. Nombreux sont les cas où deux feuilles refusent obstinément de se bien coller, soit que la pâte ait été battue trop court, soit que le papier n'ait pas eu un repos convenable et suffisant, etc.

Il faut cependant reconnaître que le collage maintient intégrales les qualités natives du papier, parce qu'il se contente de juxtaposer deux constituants, tout préparés d'avance dans un certain but et auxquels il n'est fait la moindre altération par suite des opérations subséquentes.

Citons enfin le procédé dit « Diana », qui revient à superposer sur la toile même de la machine à papier deux feuilles de pâte naissantes et colorées dans la masse. Il faut nécessairement provoquer l'assemblage à un moment tel que la feuille inférieure ait une consistance suffisante pour n'être point pressée ou détériorée par la chute de la feuille supérieure. De plus, pour produire la juxtaposition, il faut à ce même moment une succion énergique, puis un parcours de toile suffisant pour feutrer ensemble les deux épaisseurs.

Pour ces motifs, la machine à papier comporte cinq caisses

aspirantes, deux finissent l'égouttage de la pâte de dessous, et les trois autres sont destinées à l'égouttage des deux pâtes assemblées ; la superposition se prête entre les caisses 2 et 3. L'application se termine par le passage entre les deux cylindres habituels disposés au bout de la toile de machine (presse coucheuse) ; *a priori*, ce procédé exige donc double matériel jusqu'à la phase d'assemblage, il faut deux groupes de raffineuses et d'épureurs ; dans le brevet primitif, on employait même deux toiles superposées à raison d'une pour chaque pâte. Par une addition audit brevet, on supprima la toile supérieure ; on la remplaça, à l'endroit de la superposition, par un plan muni de règles ou petits barrages destinés à fixer l'épaisseur de la pâte. Ce plan était réglable en hauteur par rapport à la toile de machine, et une hauteur de pâte convenable y était maintenue pour assurer un débit suffisant.

Le défaut principal du procédé réside dans sa complication et son prix coûteux. Le dédoublement de matériel ci-dessus indiqué conduit obligatoirement à une difficulté considérable de surveillance, surtout dans la confection des teintes. L'amenée de la pâte supérieure, encore très peu maniable, ne se fait pas sans difficultés ni déchets ; de plus, la répartition de cette deuxième épaisseur sur la première se produit irrégulièrement parce qu'il n'y a plus assez de parcours sur la première toile pour profiter de son mouvement. Il faut enfin prévoir assez souvent un décollement des deux épaisseurs superposées avec difficulté au moment du passage sous la presse coucheuse ; d'autres inconvénients sont à redouter, tels que l'impossibilité de faire tous les poids et toutes les intensités de teintes.

Aussi, le procédé Diana est-il à peu près abandonné partout ; on ne l'emploie plus guère qu'avec les machines dites « machines rondes ».

Malgré ses graves défauts, le « Diana » maintient, absolues, toutes les qualités de la coloration en pâte : il ne modifie pas la valeur du papier et surtout il vise la production en grand et d'un seul jet de papiers bicolores, condition que ne réalisent pas les deux procédés précédents.

WALTER.

TRAVAUX PUBLICS

Nouveau procédé de construction en béton armé.

Le béton armé, très répandu aujourd'hui dans la construction moderne, donne encore lieu cependant à bien des critiques. Très peu d'entre elles tiennent devant les avantages économiques du procédé, parce que dans l'industrie ce point est capital ; c'est ce qui fait que tous les procédés ayant pour conséquence de diminuer le prix de revient du béton armé ont en général bien réussi. Tous ne sont cependant pas exempts de reproches, beaucoup faisant perdre au béton armé ses principaux avantages et qualités.

Le procédé nouveau que nous allons décrire s'applique spécialement aux constructions verticales de grande hauteur, pour lesquelles l'emploi du béton armé est trop coûteux, à cause des coffrages qui doivent être faits, dans ce cas particulier, doubles, ce qui explique pourquoi on rencontre très peu de cheminées, tours, châteaux d'eau et murs verticaux élevés en hauteur, exécutés en béton armé.

Ce procédé, dont de nombreuses applications ont été faites en France et à l'étranger, a été imaginé et employé pour la première fois par MM. Monnoyer et fils.

Il consiste dans l'emploi de blocs en béton dont la forme est telle, qu'ils concourent par eux-mêmes à la résistance de la construction, tout en constituant le coffrage des éléments « béton armé » proprement dits de cette même construction.

Pour les cheminées par exemple, le fût est constitué par des claveaux de 25 cm de hauteur, qui constituent par leur assemblage une assise polygonale de 25 cm de hauteur. Chacun

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 10 (octobre 1911), p. 576.

P étant le poids de la cheminée au-dessus de la section considérée.

La projection des forces sur la verticale donne :

$$N = P + T,$$

d'où :

$$N - T = P,$$

soit :

$$(1) \quad 63,986 b - 1883,61 a = \frac{P}{r}.$$

Le moment de la compression élémentaire en D pris par rapport au diamètre parallèle à l'axe neutre est :

$$dM_1 = \frac{n}{2} (3 \cos \beta - 1) r (b + ma) r \cos \beta d\beta,$$

et le moment de la compression totale :

$$M_1 = nr^2(b + ma) \int_0^{\frac{\pi}{2}} (3 \cos \beta - 1) \cos \beta d\beta;$$

d'où :

$$M_1 = nr^2(b + ma) \left[\frac{3}{2} \varphi + \sin \varphi \left(\frac{3}{2} \cos \varphi - 1 \right) \right],$$

soit numériquement :

$$M_1 = 55,004 r^2(b + 15a).$$

De même on obtient, pour moment des tensions par rapport au diamètre parallèle à l'axe neutre :

$$M_2 = \frac{t}{2} r^2 a [3(\pi - \varphi) + \sin \varphi],$$

soit :

$$M_2 = 2002,38 ar^2.$$

La somme de ces moments devant équilibrer le moment dû au vent, on a :

$$M_1 + M_2 = M,$$

soit :

$$55,004 r^2(b + 15a) + 2002,38 ar^2 = M,$$

ou :

$$(2) \quad 55,004 b + 2827,44 a = \frac{M}{r^2}.$$

Les équations 1 et 2 forment un système du premier degré en a et b.

S représentant la section totale d'acier égale à $2\pi ra$, les dimensions s'explicitent sous les formes suivantes :

$$b = \frac{66,20}{10^6} \frac{M}{r^2} + \frac{99,37}{10^6} \cdot \frac{P}{r}$$

$$S = 141,3 \frac{M}{r} - 121,5 P.$$

La section d'acier ainsi obtenue est uniformément répartie entre les différentes nervures.

La paroi, composée d'une série de rouleaux d'épaisseur décroissante de la base au sommet, affecte une forme d'égale résistance; le moulage peut d'ailleurs être réglé de manière à donner à chaque rouleau des dimensions aussi voisines qu'on le désire de celles qui résultent des formules précédentes. Néanmoins, pour éviter la multiplicité de l'échantillonnage des claveaux, on procède par rouleaux variant d'épaisseur de deux en deux centimètres.

Les cheminées en béton s'adaptent parfaitement à l'aména-

gement de constructions auxiliaires, telles que réservoirs (fig. 2); ainsi, sur une cheminée de 50 m de hauteur, exécutée en Belgique, ayant 2^m,75 de diamètre intérieur au sommet, on a pu placer, à une hauteur de 25 m, un réservoir d'une capacité de 400 m³.

Le procédé s'applique en outre à la construction des tours et autres supports d'ouvrages placés à de très grandes hauteurs. Le fût du château d'eau d'Ixelles, représenté sur la figure 3, d'une hauteur totale de 44 m, supporte un réservoir de 800 m³. Le fût est construit entièrement en claveaux système Monnoyer et fils. L'épaisseur des claveaux est de 13 cm à la partie supérieure et de 15 cm à la base.

La paroi proprement dite du réservoir est également faite en claveaux, mais de forme spéciale; ces claveaux comportent des rainures horizontales dans lesquelles sont noyées les cerces constituant la partie résistante de la paroi. L'enveloppe extérieure du réservoir est faite en claveaux cannelés comme la tour.

Pour certains châteaux d'eau, la paroi proprement dite des réservoirs est faite en claveaux comportant des creux remplis d'air qui constituent un matelas isolant très favorable à la conservation de l'eau à une température constante.

La caractéristique de ce procédé est, comme il est dit au début de cet article, de permettre de constituer, dans toute construction, des chaînages, soit verticaux, soit horizontaux, en béton armé continu et monolithes, lesquels chaînages assurent la rigidité de tout l'ensemble, tandis qu'ils permettent, d'autre part, la suppression de parties coffrées apparentes.

Les éléments vus pouvant être presque toujours les corps moulés eux-mêmes, ceux-ci présentent un bon aspect puisqu'ils sont faits, en général, dans des moules métalliques.

P. BRAIVE,

Ancien élève de l'École Polytechnique.

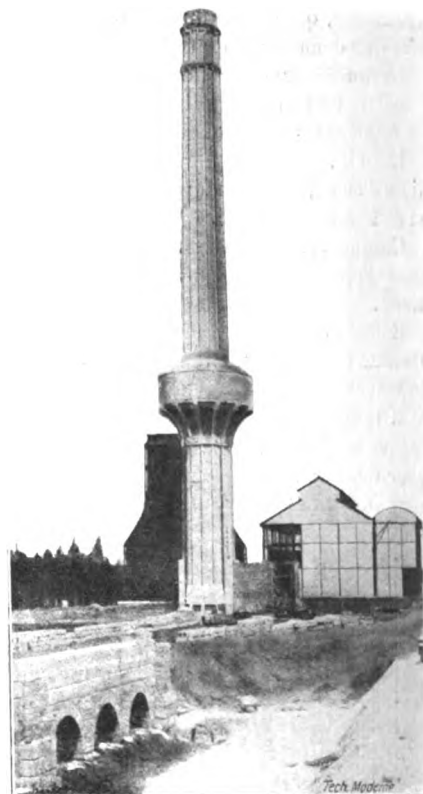


FIG. 2. — Cheminée avec réservoir en béton armé.

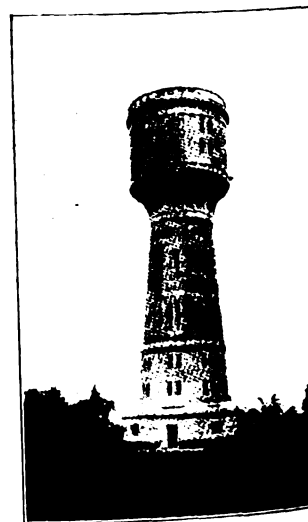


FIG. 3. — Fût du château d'eau d'Ixelles.

NOTES DE MÉCANIQUE ET DE PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Les courroies en acier. — Les alimenteurs automatiques pour chaudières. — La transmission thermique dans les économiseurs. — Les coups d'eau dans les conduites.

Les courroies en acier. — Depuis quelque temps en Allemagne, en Belgique et tout récemment en France, on a commencé d'employer des rubans d'acier pour la transmission de la force par poulies.

Cette nouvelle application est à retenir, car les nombreux inconvénients de la courroie-cuir, en particulier l'allongement et la destruction, font désirer son remplacement par un organe plus mécanique.

Le ruban d'acier a de très gros avantages : l'élasticité et la résistance connues parfaitement et toujours comparables pour une qualité de métal déterminée ; en outre, l'expérience a démontré que, techniquement, il constitue un agent de transmission très supérieur à la courroie : le glissement et les pertes sont diminués très sensiblement et l'on peut réduire notablement l'arc embrassé et la distance entre axes des poulies.

Par contre, on se heurte à quelques difficultés : la condition d'adhérence exige une surface de la poulie qui ne doit pas être lisse pratiquement, on garnit la périphérie de plaquettes de liège), le parallélisme des deux poulies doit être rigoureux ; enfin et surtout, le point important, c'est l'attache. Il est bien difficile de trouver une attache qui ne provoque pas des efforts de flexion réitérés dans le voisinage et par suite rupture.

Présentement, nous ne pensons pas que le problème soit définitivement résolu. Il n'en reste pas moins très souhaitable qu'un inventeur réalise un mode de jonction irréprochable.

Les alimenteurs automatiques pour chaudières. — Notre description de l'appareil Schiff et Stern (1) a provoqué un certain nombre de questions relativement à l'utilité des alimenteurs automatiques.

Il est certain que cette catégorie d'appareils n'apparaît pas comme indispensable ; c'est en quelque sorte du luxe dans une chaufferie ; à l'exception des appareils de retour d'eau qui restituent à la chaudière les condensations de vapeur, les alimenteurs automatiques n'ont guère d'autre effet que de diminuer le travail du chauffeur ; accessoirement, on peut dire qu'il est désirable d'alimenter le générateur de façon continue, car on ne trouble pas ainsi le régime de circulation interne et la vapeur est moins humide.

On distingue parmi les appareils répandus sur le marché :

1° Les appareils à flotteur, dans lesquels le flotteur, par un dispositif de leviers articulés, ouvre ou ferme plus ou moins l'admission d'eau d'alimentation. Ces alimenteurs sont élémentaires, mais d'un fonctionnement douteux, tous les organes étant dans l'eau ou la vapeur ; si l'eau n'est pas parfaitement pure, le tartre a rapidement fait de gêner le fonctionnement ;

2° Les alimenteurs à condensation, qui se rapprochent de la bouteille alimentaire. Un récipient, placé au-dessus du générateur est rempli de vapeur ; celle-ci se condense, et aspire par conséquent l'eau. A un certain moment, l'eau soulève un flotteur qui ouvre l'arrivée de vapeur, laquelle chasse l'eau dans la chaudière ; puis le cycle recommence. Ces appareils exigent également de l'eau très pure, et, de plus, à une température n'excédant pas 50° à 60° ; le fonctionnement n'est pas des plus sûrs ;

3° Les appareils à colonne d'eau ; ce sont les plus sûrs. Un tuyau débouche au niveau normal d'eau dans la chaudière, et se vide ou se remplit suivant que le niveau est plus bas ou plus haut que l'embouchure ; cette colonne d'eau équilibre une autre colonne dont le poids agit sur l'arrivée d'eau d'alimentation.

Les appareils de cette catégorie se distinguent par leur mécanisme ; dans certains, le poids de la colonne d'eau agit sur des membranes élastiques : l'appareil est sensible, mais délicat ; dans d'autres, le poids provoque le basculement d'un organe qui ferme ou ouvre l'admission d'eau : ces appareils sont les meilleurs : les organes ne sont pas en contact avec l'eau, le basculement brusque assure la fermeture ou l'ouverture de façon certaine ; la suppression de flotteurs, tiroirs, etc., est un avantage pratique non négligeable. Nous avons déjà décrit le système de ce genre qui nous paraît le plus pratique.

Nous ajouterons que l'alimentation automatique ne semble justifiée que pour une batterie de chaudières ; pour un, deux ou trois générateurs, l'attention demandée au chauffeur est vraiment trop peu de chose pour justifier l'adoption de l'alimentation automatique, qui exige, ne l'oublions pas, une pompe alimentaire fonctionnant continuellement, et par suite certaines précautions dans la tuyauterie d'alimentation.

La transmission thermique dans les économiseurs. — Les économiseurs récemment mis sur le marché possèdent un mode de circulation de l'eau qui semble plus logique *a priori* que celui de l'appareil original qu'inventa, vers 1840, E. Green.

Alors que dans celui-ci l'eau est introduite uniformément à la base de tous les tubes, dans les appareils récents on adopte, à différentes variantes près, la circulation méthodique, opposée à celle des gaz chauds.

La méthode est bonne, mais avec les faibles vitesses de circulation adoptées dans les économiseurs, la modification proposée est absolument négligeable quant à l'amélioration de la transmission thermique obtenue. Et il est facile de le démontrer :

La chaleur transmise est proportionnelle à la différence de temps et au coefficient k de transmission. Ce coefficient comprend trois termes :

λ , conductibilité du métal ;

α_1 , transmission des gaz chauds à la paroi ;

α_2 , transmission de la paroi à l'eau.

On a :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}.$$

Or, c'est ce dernier terme seulement qui est affecté par la vitesse de circulation de l'eau.

Dans les conditions usuelles $\alpha_1 = 15$ environ ; $\lambda = 50$ et $\alpha_2 = 500$ pour l'eau immobile, et 3 000 pour l'eau à la vitesse de 1 m/sec. Pour de l'eau immobile et une épaisseur de fonte $\delta = 0,010$ mm, on a donc :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{15} + \frac{0,010}{50} + \frac{1}{500}, \text{ soit } k = 14,5.$$

Pour des vitesses de 1 m. sec., qui ne sont jamais atteintes dans les économiseurs, on a :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{15} + \frac{0,010}{50} + \frac{1}{3\,000}, \text{ soit } k = 14,8.$$

La différence est négligeable, comme l'on voit.

M. Eberle, ingénieur en chef de l'Association des appareils à vapeur de Munich, s'est livré à des expériences minutieuses pour contrôler la valeur pratique de k dans différents économiseurs ; il a trouvé que ce coefficient variait entre 9 et 13 calories par degré, par heure et mètre carré de chauffe suivant la quantité de chaleur fournie à l'économiseur, et cela quel que soit le mode de circulation de l'eau.

Il semble donc que dans cette catégorie d'appareils il faille se soucier plutôt des qualités pratiques, facilités de démontage, nettoyage, accessibilité, que du mode de circulation de l'eau.

L'économiseur est un organe éminemment perfectible, qui gagnerait beaucoup à être calculé et établi sur des bases moins empiriques qu'on a coutume de le faire.

Les coups d'eau dans les conduites. — Une maison de construction d'accessoires de chaudières, la firme Ayton and Co, de Derby, a établi dans ses ateliers une canalisation d'expérience pour l'étude des coups d'eau.

Il résulte des essais entrepris que les coups d'eau se forment par suite de la présence de liquide froid accumulé sur une certaine hauteur à l'intérieur de la conduite. Cette hauteur critique dépend du diamètre, de la quantité d'air présenté, de la pression de la vapeur, etc., de sorte qu'il est à peu près impossible de dégager une théorie des faits d'expérience.

Ce qu'il importe de retenir au point de vue pratique, c'est que pour éviter les battements dans une conduite, il est nécessaire d'avoir une

(1). Voir *La Technique moderne*, t. III, n° 7 (juillet 1911), p. 425.

purge d'eau et une purge d'air; enfin une tuyauterie ne doit être mise en service qu'après avoir été réchauffée graduellement et soigneusement purgée d'eau et d'air.

Pour calculer la force d'un coup d'eau, on a indiqué la formule suivante, en kilogrammes :

$$p = \sqrt{2(p_1 - p_2)c \frac{V}{W}},$$

dans laquelle :

V , représente le volume initial emprisonné entre le matelas d'eau et l'extrémité de la conduite contre laquelle il est projeté;

W , le volume de ce matelas d'eau cylindrique;

p_1 , la pression statique du volume initial emprisonné;

$p_2 > p_1$, la pression statique agissant sur le matelas d'eau (dans la circonstance, pression de la vapeur);

c , un coefficient numérique.

On voit par là que le choc est proportionnel à $\sqrt{\frac{V}{W}}$, c'est-à-dire que plus le matelas liquide sera petit par rapport à l'espace emprisonné derrière lui, plus le choc sera violent.

Il en résulte que de petites quantités d'eau peuvent produire des effets nuisibles redoutables, et, comme corollaire pratique, il importe de souligner une fois de plus l'importance d'une purge parfaite des tuyauteries de vapeur au moment de leur mise en service.

J. IZART.

NOTES D'ÉLECTRICITÉ

Le problème de l'égalisation des charges et sa solution électromécanique. — Un nouveau transformateur de courants triphasés en courants diphasés. — Relais ampèremétriques et wattmétriques temporisés.

Le problème de l'égalisation des charges et sa solution électromécanique. — L'application des moteurs électriques à la conduite des trains de laminoirs et plus généralement des machines à charges variables, a entraîné avec elle la solution de plusieurs problèmes importants qui trouvent leur origine dans l'irrégularité des diagrammes de charge, caractéristique de ce genre d'installations. Cette irrégularité se conçoit par l'intermittence du travail à produire, sa durée et son importance. L'agencement du laminoir, la température du métal, voire même l'habileté professionnelle de l'opérateur.

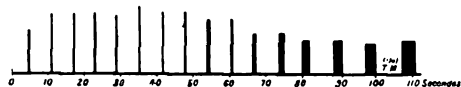


FIG. 1.

Suivant que le laminoir comprend 2, 3 cylindres ou davantage et suivant l'ordre de succession des passes, on peut obtenir des diagrammes très différents, tels que ceux des figures 1, 2 et 3.

L'examen de ces diagrammes permet de concevoir immédiatement l'opportunité d'un volant dont l'énergie cinétique emmagasinée absorbera les chocs et les pointes de charges, régularisant ainsi le couple moteur.

A cet égard, et contrairement à l'habitude assez fréquente de caractériser un volant par la seule indication de sa masse, le poids ne suffit pas à la détermination de cet organe mais exclusivement sa force vive, proportionnelle à la fois à ce poids et au carré de la vitesse tangentielle du cercle de giration. L'énergie cinétique restituée sera donc consécutive à une chute de vitesse et, quantitativement, dans une proportion telle, qu'une diminution de 10 % du

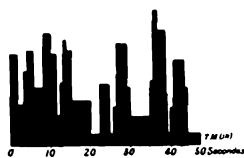


FIG. 2.



FIG. 3.

nombre de tours provoquera la libération de 19 % de l'énergie emmagasinée et une diminution de 20 %, la libération de 36 % de cette même énergie. Pratiquement, la chute de vitesse admissible est limitée par l'allure de la production et la qualité du produit. Elle est, en général, comprise entre 15 % et 20 % de la vitesse à vide, de sorte qu'il est possible d'escompter une restitution de 20 % à 30 % de l'énergie emmagasinée.

Il convient de rappeler également que le volant n'est pas une source d'énergie inépuisable et que, s'il peut très aisément satisfaire à un débit d'énergie considérable et instantané, sa capacité sera le plus souvent insuffisante à assurer un débit moindre au delà d'une durée déterminée.

Ainsi, l'application du volant doit être limitée à l'absorption des pointes de puissance instantanées et à la transmission progressive de la charge au moteur, lors d'une surcharge prolongée.

L'examen du diagramme, établi sur la totalité d'un cycle, dans le cas le plus défavorable de la charge, et complété de la ligne de puissance moyenne, montrera quelles doivent être les caractéristiques mécaniques du volant, eu égard aux intervalles de faible charge pendant lesquelles celui-ci regagne en vitesse, et par suite en énergie emmagasinée, tout ou partie de la puissance dissipée au cours de la phase précédente.

Il convient naturellement que le moteur électrique conjugué développe un couple proportionnel au glissement, c'est-à-dire à la variation du nombre de tours comptés à partir de la vitesse à vide. A cet égard, le moteur asynchrone triphasé est particulièrement adapté, bien qu'il soit possible, lorsqu'on ne dispose que de courant continu, de faire choix d'un moteur spécialement étudié pour cette application, ainsi que nous avons eu l'occasion de l'imaginer lors d'un récent projet.

Nous rappellerons simplement que l'expression du couple moteur C à un instant quelconque est :

$$C = C_1 - \frac{C_1 - C_0}{e^{\Lambda \cdot t}}$$

avec :

$$\Lambda = \frac{k \cdot C_u}{I \cdot g_a \cdot N_0}$$

Étant entendu que :

k , désigne une constante;

I , désigne le moment

d'inertie du volant;

g_a , désigne le glissement du moteur correspondant à un couple C .

N_0 , désigne la vitesse synchrone en tours par minute;

C_1 , désigne le couple résistant;

C_0 , désigne le couple initial du moteur.

Nous n'avons reproduit cette expression que pour montrer l'influence du facteur Λ sur la courbe de charge du moteur et, par suite, la possibilité de modifier la forme de cette courbe, en opérant soit sur le moment d'inertie du volant, soit sur le glissement g_a , c'est-à-dire sur la résistance ohmique intercalée dans la partie tournante du moteur.

Ainsi, doubler le glissement revient mécaniquement à doubler le moment d'inertie du volant, mais électriquement à doubler la perte par effet Joule correspondante. On trouvera à la figure 4 la représentation de ce fait, les trois courbes étant caractérisées respectivement par :

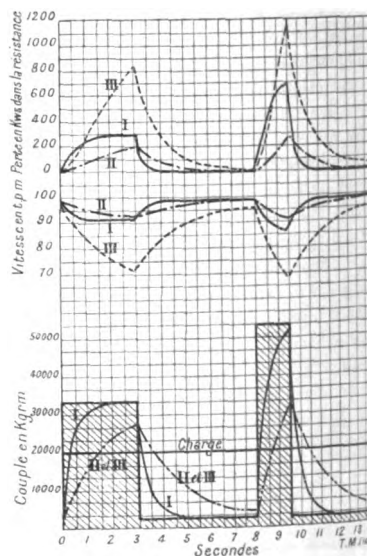


FIG. 4.

Courbe I : Volant de 552 000 kgm, 100 t/m, glissement 5 % pour un couple de 20 700 kgm;

Courbe II : Volant de 2 208 000 kgm, 100 t/m, glissement 5 % pour un couple identique au précédent;

Courbe III : Volant de 552 000 kgm, 100 t/m, glissement 20 % pour un couple identique au précédent.

Considéré au point de vue du rendement, l'ensemble moteur-volant ajoute quelques pertes mécaniques supplémentaires. Toutefois, ces pertes croissent moins vite que celles provoquées par l'augmentation du glissement, il y aura, le plus souvent, un avantage certain à faire choix d'un volant puissant, propre à diminuer la vitesse différentielle du moteur.

En ce qui concerne les frais d'établissement, ils dépendent principalement de la charge maximum. La figure 3, par exemple, révèle un cas où le moteur pourra franchir les surcharges tout en restant dans les limites admissibles. L'emploi du volant y serait illusoire. Par contre, un diagramme tel que celui de la figure 1 démontre que l'intervention du volant aura pour principal effet de réduire la charge maximum du moteur et, par suite, d'en diminuer la puissance nominale et le prix.

L'intérêt se révèle davantage par la considération du facteur de puissance. La puissance mécanique maximum étant diminuée par le jeu du volant, le courant magnétisant aux faibles charges sera réduit très sensiblement comme la capacité maximum du moteur, et cet avantage est considérable, en égard à l'importance des phases de fonctionnement à vide et à la répercussion sur la marche de la station génératrice, qui reste toujours affectée par l'importance des pointes, l'instantanéité des fluctuations et la valeur du facteur de puissance.

Si l'énergie électrique est fournie par une station étrangère, les caractéristiques du volant permettront de déterminer l'influence de ces facteurs sur la dépense journalière; mais dans le cas le plus général où cette énergie sera produite et consommée par la même entreprise, il y aura lieu d'étudier attentivement quelle sera la variation consécutive du prix du kilowatt-heure. Des pointes de charge importantes, si elles ne sont pas absorbées par un volant suffisant, augmenteront les frais de premier établissement et diminueront le rendement des générateurs (cette dernière éventualité sera aggravée encore, dans le cas d'une station à gaz pauvre, en raison de sa faible capacité de surcharge et de l'infériorité du rendement aux basses charges).

De même, l'instantanéité de fluctuations insuffisamment amorties nuit à la constance de la tension et de la fréquence et affecte la marche en parallèle des unités génératrices.

Pour ces raisons, l'emploi de volants conjugués aux moteurs électriques, dont l'application tend à se généraliser dans les usines à charges variables, s'impose à l'attention de l'industriel. Leur détermination exige un examen sérieux des données particulières à chaque cas. Cette note répondra à son but si elle suffit à montrer l'économie du problème et à révéler les facteurs généraux qui s'y rattachent.

Un nouveau transformateur de courants triphasés en courants diphasés. — Un nouveau transformateur statique a été récemment

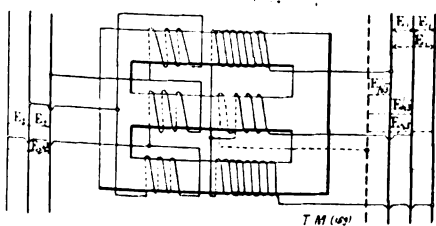


Fig. 5.

appliqué par une société exploitante allemande, dans le but de convertir en courants triphasés l'énergie électrique diphasée de sa station centrale installée à l'époque déjà ancienne où ce mode de distribution était en faveur.

Il se compose (fig. 5) d'un noyau de fer à trois branches, semblable à ceux normalement employés dans la construction des transformateurs triphasés, mais présente cependant sur ceux-ci quelques particularités remarquables. Les branches magnétiques extrêmes ont une égale section droite. Toutefois, la branche médiane présente une section $\sqrt{2}$ fois plus grande. De même, le nombre de tours de l'enroulement primaire est gardé le même sur les branches extrêmes, tandis qu'il est réduit dans la proportion de 0,366 à 1 sur la branche médiane. Quant à l'enroulement secondaire, il est uniformément réparti et

l'arrangement des connexions en est représenté à la figure 5. Si l'on désigne par r_1 , r_2 et r_3 les rapports des transformations des bobines montées respectivement sur les noyaux (1), (2) et (3), par E_1 , la tension composée sur le primaire et par E_2 , la tension simple sur le secondaire, on a :

$$r_1 = r_2 = r = \frac{E_1}{\sqrt{2} \cdot E_2}$$

$$r_3 = 0,366 \cdot r.$$

Ce dispositif présente, sur l'ancien système Scott, les avantages suivants :

- Poids et prix plus réduits;
- Diminution des fuites magnétiques et, consécutivement :
- Meilleure régulation.

Relais ampèremétriques et wattmétriques temporisés. — Il est également intéressant pour l'exploitant et pour l'abonné de force motrice, que le disjoncteur du tableau de réception, aussi bien que ceux des panneaux de feeders de la station, ne déclanchent pas intempestivement, sous l'effet d'une pointe de charge instantanée, telle que celles qu'on observe fréquemment sur le diagramme des enregistreurs placés dans les usines faisant emploi de moteurs démarant en charge, tout en tolérant la disjonction si la surcharge, trop intense ou trop prolongée, devient dangereuse pour la conservation du matériel.

On a créé dans ce but, et principalement pour les réseaux à courants alternatifs, des relais dits « temporisés » qui ont pour mission de ne lancer le courant dans l'électro de déclenchement du disjoncteur que si la surcharge se prolonge au delà d'un temps réglable.

Suivant les constructeurs, ces relais sont constitués par un électro solidaire d'un amortisseur pneumatique réglable en principe ou par un compteur d'induction débarrassé de sa minuterie, mais complété de contacts fixes et mobiles mécaniquement liés à un dispositif de temporisation gradué.

Cette dernière catégorie d'appareils, bien que moins robuste que la précédente, offre seule la constance de fonctionnement et l'exactitude désirables. Pour ces raisons, elle retiendra seule notre attention et nous décrirons successivement et sommairement deux de ces relais que nous avons pu personnellement soumettre à une série d'essais minutieux et satisfaisants.

Relais Ferranti. — Ce relais, schématiquement représenté par la figure 6, se compose d'un disque en cuivre rouge mobile autour d'un axe et engagé dans l'entrefer d'un électro, sur lequel est enroulé un bobinage parcouru par le courant du circuit principal ou par un courant proportionnel, si l'intensité en ampères de ce circuit est trop intense ou distribuée à une tension trop élevée. (Dans cette éventualité, qui est celle de la figure, on fait emploi d'un transformateur d'intensité disposé en série sur le circuit principal.)

Quoi qu'il en soit, l'axe de rotation porte un petit tambour, sur lequel est fixé un cordon flexible dont l'extrémité inférieure porte un léger contrepoids. L'importance de ce contrepoids détermine la valeur de l'intensité de courant, qui produit le fonctionnement de l'appareil et par suite de la surcharge de déclenchement.

Il convient de remarquer que, quelle que soit la position du contrepoids, ce dernier exerce un couple résistant constant, de sorte que le mouvement ne peut se produire que si le couple moteur excède légèrement ce couple résistant.

L'ascension du contrepoids entraîne un levier support de contacts qui, suivant les cas, ouvre ou ferme le circuit de déclenchement du disjoncteur. Pour un courant de démarrage déterminé, la temporisation est donc à la fois fonction de la vitesse de rotation du disque et de la longueur de la trajectoire du contrepoids.

Ainsi, le facteur temps est réglé par la position du contrepoids, et le facteur surcharge, par la masse de ce contrepoids, et ces deux réglages sont entièrement indépendants l'un de l'autre.

Relais de la Compagnie des compteurs. — Ce relais est construit

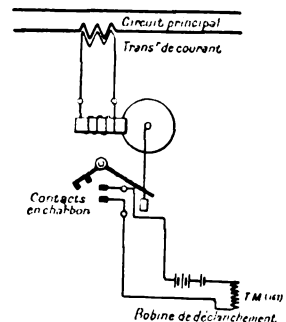


Fig. 6.

suivant les cas pour les surcharges d'intensité (relais ampèremétrique) ou pour les surcharges de puissance (relais wattmétrique).

Il se compose d'un électro E (fig. 7) qui, dans le cas du relais ampèremétrique, supporte un enroulement unique d'intensité et, dans le cas du relais wattmétrique, un enroulement complémentaire de potentiel. Cet électro, sous l'influence des courants de Foucault induits dans un disque D en cuivre rouge, engendre un couple qui tend à entraîner l'axe A sur lequel le disque est fixé à frottement. Cet axe A porte deux tambours C et C', autour desquels sont enroulés en sens inverse deux rubans métalliques rattachés aux extrémités d'un levier B mobile autour d'un axe horizontal O. Un doigt G, solidaire du système mobile, soulève pendant le fonctionnement un contrepoids M, qui repose normalement sur une butée R.

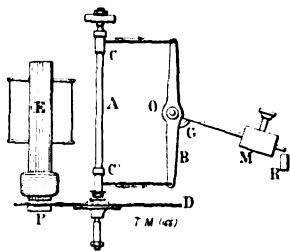


FIG. 7.

Ainsi, lorsque le courant dépasse en intensité la limite de

réglage, le couple moteur exercé sur le disque excède le couple résistant produit par le contrepoids et celui-ci est soulevé par le jeu du doigt G avec une vitesse croissant comme le couple de surcharge.

Dans son déplacement, le levier B entraîne un léger bloc de charbon qui vient fermer le circuit interrompu entre deux bornes de même matière sur lesquelles il vient appuyer.

Ces deux appareils fournissent des résultats sensiblement équivalents. Ils ne se différencient que par le dispositif de réglage en surcharge; tandis que dans le premier le réglage est effectué par le remplacement du contrepoids (l'appareil comprend un jeu de trois contrepoids correspondant à 100 %, 125 % et 150 % du courant normal), il est réalisé, dans le second, par le déplacement à la main d'une aiguille sur un cadran, qui entraîne, dans son mouvement l'ascension, ou la descente d'une palette de fer doux P, modifiant ainsi l'importance de l'entrefer et, par suite, l'action dynamique du courant sur le disque.

A.-R. GARNIER.

NOTES DE MÉTALLURGIE

Repères pour la fabrication d'alliages en aluminium. — Propriétés magnétiques des alliages de fer. — Rails en acier au titane.

Repères pour la fabrication d'alliages en aluminium. — M. W. H. Gillett a abordé cette question dans une étude présentée à la session de Dayton de la Société des Ingénieurs de l'automobilisme des Etats-Unis.

Il indique que l'aluminium se contracte beaucoup après coulée et qu'il est peu déformable autour de son point de fusion; les moulages en aluminium nécessitent donc des soins spéciaux; ceux qui imaginent un moulage sont souvent plus critiquables que ceux qui le coulent lorsque des défauts surviennent; il faut éviter de mettre côte à côte des parties épaisses et des parties minces pour éviter des refroidissements inégaux et des tensions qui provoquent des criques. On peut y suppléer en mettant les parties épaisses en contact avec une coquille métallique disposée dans le moule et qui hâte le refroidissement, mais c'est un pis aller onéreux.

Les transitions douces s'imposent dans les moulages d'aluminium. Plus le métal est versé froid dans le moule, plus vite il se solidifie et moins les cristaux ont le temps de se développer; la masse acquiert un grain fin qui est un bon indice de résistance. Parfois, en augmentant légèrement l'épaisseur d'un moulage, on peut le couler à une température de 100° plus basse que si l'on avait conservé des minces parties; il ne faut pas trop sacrifier à la légèreté.

Les modèles doivent être conçus de telle façon qu'on puisse se servir de la machine à mouler chaque fois que la pièce le comporte. Les noyaux trop durs font rompre les moulages; il faut qu'ils soient un peu compressibles. On doit les combiner de façon à éviter l'emploi des chapelets de suspension qui fondent difficilement dans le métal et obligent à surchauffer ce dernier. Il est bon d'employer du sable vert ou demi-vert pour les noyaux, car ils céderont ainsi mieux à la poussée du métal que s'ils étaient fabriqués en sable étuvé. Quand on doit fabriquer des moulages en nombre considérable, il y a lieu d'employer des modèles métalliques.

En ce qui concerne l'alliage d'aluminium à employer, on peut choisir entre celui contenant 8 % de cuivre, celui contenant 3 % de cuivre et 15 % de zinc et celui contenant 35 % de ce dernier métal.

Il est vraisemblable que 90 % des moulages d'aluminium pour l'automobile sont fabriqués avec l'alliage n° 1, malgré qu'il soit le moins résistant, mais les autres sont plus lourds que lui et résistent moins bien aux vibrations et aux élévations de température. Ainsi le premier alliage dont nous avons parlé, essayé aux chocs répétés, ne s'est rompu qu'après avoir subi 1 million de chocs, tandis que le second se rompit après 600 000 chocs et le troisième 500 000; les alliages aluminium-zinc manquent de ductilité. Il y a trois facteurs qui régissent ces alliages d'aluminium, savoir: la résistance, la légèreté et l'aptitude aux vibrations. Si l'on attribue à chacun d'eux un coefficient

d'importance et qu'on multiplie les trois coefficients, l'alliage qui donne le produit le plus élevé est le plus convenable.

C'est en raisonnant ainsi qu'on a adopté l'alliage à 8 % de cuivre. Voici d'ailleurs les spécifications relatives aux trois alliages ci-dessus:

Alliage n° 1. — Aluminium (au moins 90 %), cuivre de 8,50 à 7,00. Les impuretés totales ne doivent pas dépasser 1,5 %. On n'admet aucun élément autre que le carbone, le silicium, le fer et le manganèse. Cet alliage est le plus employé dans l'automobilisme.

Alliage n° 2. — Aluminium (au moins 80 %). Zinc pas plus de 15 %, cuivre entre 2,0 % et 3,0 %, manganèse pas au delà de 0,40 %. Les impuretés totales ne doivent pas dépasser 1,65 %, et l'on ne doit pas avoir plus de 1 % de fer, et 0,15 de plomb. Cet alliage est serré et sans soufflures; il est léger. Sa densité est de 3,0 environ.

Alliage n° 3. — Aluminium 65 %, zinc 35 %. Pas plus de 1,65 % d'impuretés tolérées. Employé pour les pièces à bon marché et qui n'ont pas de gros efforts à supporter.

Les essais de traction de ces alliages sont pratiqués sur des éprouvettes ayant 12 mm, 7 de diamètre et 50 mm de longueur venues de fonte avec les pièces de moulage en aluminium. Le refroidissement par des coquilles ou tous autres moyens artificiels est prohibé.

Propriétés magnétiques des alliages de fer. — Sir Robert Hadfield et B. Hopkinson ont présenté, devant l'Electrical Engineers Institution, un intéressant mémoire dont voici les plus importantes conclusions:

Ils ont étudié une série d'alliages de fer avec le carbone et avec différents métaux, dans des champs magnétiques de forte intensité, et ont cherché à en déduire, non seulement les propriétés magnétiques des alliages, mais des renseignements sur la constitution de ces derniers. Les résultats les plus importants qu'ils ont obtenus sont les suivants:

Chaque alliage examiné, sans exception, a une intensité magnétique définie de saturation. Dans la plupart des cas, celle-ci est atteinte dans un champ de 5 000 unités, mais, dans quelques cas, le champ varie de 5 000 à 25 000 unités. Les formes des courbes de magnétisation donnant la valeur de l'intensité de magnétisation en fonction du champ, pour ces métaux exceptionnels, ne laissent cependant pas de doute qu'il n'y ait pour eux une valeur de saturation de l'intensité de magnétisation. Chacun des métaux se comporte comme s'il consistait en un mélange de substances magnétiques et de substances non magnétiques ayant une perméabilité ne différant pas sensiblement de l'unité. Cette théorie est valable même pour les alliages de nickel et de manganèse non magnétiques ou presque non magnétiques.

Parmi les alliages essayés, il n'y en eut aucun qui possédât une perméabilité constante différant de l'unité de plus de 2 %. Il n'y eut dans la série aucun alliage qui possédât un magnétisme spécifique

plus élevé que le fer pur. La valeur de saturation de l'intensité de magnétisation pour le fer pur de densité 7,80 est 16,75 unités absolues. Cette valeur est un peu plus faible que celle obtenue par *Ewing et Low*.

Dans un acier au carbone recuit, dans lequel les autres éléments sont en faible proportion, le magnétisme spécifique est inférieur à celui du fer pur d'un pourcentage qui est égal à six fois celui du carbone. Ce résultat constitue une vérification, pour les alliages fer-carbone recuits, de la relation linéaire réunissant le magnétisme d'un mélange avec celui de ses constituants. Dans le cas présent, il y a deux constituants mélangés mécaniquement, le fer pur et le carbure de fer; le pourcentage du carbure de fer est 15 fois et demi celui du carbone de l'acier. Le magnétisme du carbure de fer est environ les 2/3 de celui du fer pur.

La trempe d'un alliage fer-carbone à partir d'une température élevée réduit le magnétisme spécifique d'une grande mais incertaine quantité. L'addition de silicium ou d'aluminium au fer, réduit le magnétisme spécifique en proportion de la quantité de l'élément ajouté, bien que ce dernier soit inerte. Si cependant le carbone est présent, le silicium semble neutraliser son action. Par exemple, un alliage contenant 2,28 % de silicium et 0,67 % de carbone est de 3,6 % moins magnétique que le fer pur, tandis que si le carbone avait son plein effet, comme dans les alliages fer-carbone, et si le silicium était simplement un diluant inerte, la réduction serait de 6,3 %.

Les essais avec les alliages de fer et de nickel et de manganèse, ou avec ces deux éléments, ne révélèrent aucune relation simple entre

leur magnétisme et leur composition. Il est probable que la chose est due aux effets particuliers du traitement thermique sur ces métaux. Quand ces effets seront suffisamment connus, il sera possible d'appliquer aux alliages de manganèse et de nickel la même sorte d'analyse magnétique que pour les aciers au carbone.

M. F. Osmond a discuté les résultats des savants expérimentateurs.

Rails en acier au titane. — Des essais effectués récemment, sous la direction de H. Dudley, ont montré que, lorsque la teneur en carbone des rails en acier Bessemer atteint de 0,60 % à 0,70 % et celle des rails en acier Martin de 0,75 % à 0,90 %, il faut faire varier le pourcentage du titane de 0,10 % à 1 %; on a alors des rails très résistants et très durables.

On fit les essais sur 9 coulées Bessemer dont la composition était la suivante : carbone, 0,63 %; manganèse, 0,55 %; phosphore, 0,095 %, et on ajouta dans la poche 0,10 % de titane métallique. Les rails de 45 kg furent soumis au choc d'un mouton de 900 kg tombant de 5^m,20; la flèche moyenne fut de 30 mm. Il fallut, dans chaque cas, trois ou quatre coups pour rompre les rails. L'allongement du métal mesuré sur le rail à l'opposé de l'impact fut de 13 %. Or, les ingénieurs considèrent un allongement de 6 % comme satisfaisant. La Compagnie Lehigh Valley Railway augmenta la teneur en carbone de ses rails de 8 à 10 points. Grâce à l'emploi du titane et pour les rails peu carburés, on peut, par l'adjonction de cet élément, obtenir une plus grande ductilité.

P. BREUIL.

NOTES DE CHIMIE

Précipitation des poussières dans les industries chimiques. — Blanchiment à l'air en cuve. — Fumées et fumivorité. — Fumivorité par lavage des gaz. — Explosibilité des mélanges d'air et de gaz. — Additions d'huile au ciment Portland. — Sur les bétons et les bétons armés. — Le béton armé au feu. — Nouveaux dissolvants de la cellulose. — Dosage du calcium. — Alliages pour acides.

Précipitation des poussières dans les industries chimiques. —

L'idée de précipiter les poussières en suspension dans les liquides ou les gaz, par l'action de l'électricité, n'est pas nouvelle. Cette précipitation peut se faire au moyen des courants alternatifs ou des courants continus. L'effet des premiers est d'agglomérer les poussières en parcelles plus grosses. On emploie ainsi le courant alternatif dans les districts pétroliers de Californie pour séparer l'eau émulsionnée dans les pétroles.

L'emploi des courants continus est plus à recommander si l'on a à traiter, non plus des masses fluides en repos, mais une masse fluide passant rapidement dans une conduite. Le principe de la méthode consiste à approcher des pointes métalliques, reliées à l'un des pôles d'une source d'électricité continue à potentiel élevé, d'une plaque reliée à l'autre pôle, de sorte que l'air interposé entre les pointes et la plaque se charge de même signe que les pointes; et que les corps flottants se trouvent conséquemment attirés par la plaque. La difficulté est d'empêcher la production accidentelle d'étincelles. M. G. Cottrell, qui étudie ce mode de précipitation des poussières dans les diverses industries chimiques (*The Journal of industrial and engineering chemistry*; août 1911), a constaté que si, pour les plaques, il suffit de prendre n'importe quelle substance conductrice, pour les pointes, il est bon de se servir de fils métalliques recouverts d'amiante ou de mica. Les plaques et les séries de pointes sont disposées convenablement le long des carneaux par où les gaz poussiéreux s'écoulent.

La méthode a été appliquée à plusieurs industries : gaz des fours à plomb d'une fonderie; gaz sulfureux des fonderies de cuivre; brouillard très fin d'acide sulfurique obtenu, dans une fabrique de poudres, en mettant en contact avec de l'eau un courant gazeux renfermant 4 % d'anhydride sulfurique; fumées d'acide sulfurique employé pour le départ de l'argent; fumées acides provenant des fours de grillage; fumées de fours à ciment; gaz de hauts fourneaux.

Selon l'industrie, l'appareil de précipitation a pris diverses formes, parmi lesquelles il y a à signaler celle de tambours concentriques.

Blanchiment à l'air en cuve. — La Société Luftbleiche G.m.b.H., d'Eilenburg, a breveté un procédé de blanchiment nouveau. On empile le tissu dans la chaudière, de façon qu'il soit toujours recouvert de la solution alcaline, mais en ayant soin d'ajouter du sulfate de manganèse à la solution alcaline. On fait bouillir pendant deux heures, sans présence d'air; après le premier bouillon, on fait passer un courant d'air sous une pression de 3 atmosphères et demie et on continue le bouillon pendant douze heures. Le blanchiment est terminé.

Fumées et fumivorité. — Dans un mémoire lu à la réunion de 1911 de la British Association, M. J.-S. Owens a examiné la possibilité de fixer une norme pour les émissions de fumées des cheminées de fabriques. Actuellement, en Angleterre, les usines doivent éviter l'émission de fumées noires en quantité suffisante pour être nuisibles. Or, il est rare que la fumée soit noire, et d'ailleurs son degré de noirceur est difficile à déterminer. Quelle est donc la meilleure manière de mesurer la fumée? et quel est le maximum de fumée à ne pas dépasser?

Pour répondre à la première question, il faut avant tout pouvoir connaître la quantité totale de suie émise dans un temps donné, la quantité de suie émise par 100 kg de combustible, la quantité de suie émise par mètre cube des gaz de la cheminée, la couleur de la fumée, son opacité qui produit le noir.

M. Owens suggère de prendre comme étalon une fumée à densité maximum pour un temps maximum d'émission, la densité étant la quantité de suie par mètre cube de gaz évacué dans la cheminée. Une fumée de haute densité ne devrait être autorisée que pendant un court temps.

La détermination de l'opacité se fait au moyen d'un jeu de verres enfumés.

L'Alkalies Act de 1906 fixe un maximum de 0 gr 46 à l'acide chlorhydrique par mètre cube de fumée ou de gaz évacué dans l'atmosphère, et il semble que le moment est venu de fixer également un maximum à la suie.

Fumivorité par lavage des gaz. — Il semble, *a priori*, que l'un des meilleurs procédés de fumivorité soit un simple lavage des gaz de la combustion. Mais ce procédé entraîne après lui une diminution du tirage très grande, et par conséquent une dépense corrélatrice de force motrice pour le ventilateur d'adjonction.

Quoi qu'il en soit (*Engineering*, mars 1911), le procédé a été adapté à un groupe de six chaudières Lancashire, consommant chacune

8 t de charbon par jour, avec une cheminée de 45 m de hauteur et 1^m,83 de diamètre et un ventilateur de 2^m,11 à la base pour le tirage forcé. Les gaz du tirage passent dans une chambre de lavage à jets d'eau, aussitôt après leur sortie des économiseurs; ils y circulent à travers des compartiments disposés en chicanes. L'eau, après lavage, est trop acide pour être renvoyée dans la chambre; le prix d'une neutralisation par la chaux eût été trop élevé; on adopta une circulation d'eau froide pompée d'un puits.

Les gaz arrivent à la température de 160°, et à la vitesse de 6^m,10. Ils nécessitent environ le double de leur volume d'eau.

Explosibilité des mélanges d'air et de gaz. — M. E.-P. Perman, professeur à l'University College de Cardiff, écrit à « Nature », de Londres, qu'en faisant des essais sur l'explosibilité des mélanges de gaz et d'air au moyen d'un fil de platine incandescent, il a obtenu des limites plus étendues que celles indiquées par Clowes, soit avec l'hydrogène de 3 à 75 au lieu de 5 à 72; avec l'oxyde de carbone de 4 à 28 au lieu de 6 à 29; avec l'acétylène, de 2,5 à 24 au lieu de 5 à 13. Son appareil était-il plus sensible, ou l'action catalytique du platine jouait-elle son rôle? Il se servait comme appareil d'un tube de verre de 10 cm³ de capacité, ayant un robinet d'arrêt à chaque extrémité et communiquant par le milieu avec une capacité remplie de mercure.

Additions d'huile au ciment Portland. — M. L.-W. Page (Proceedings of the American Society of civil Engineers, septembre 1911, p. 994) a essayé les mélanges de l'huile faits au ciment Portland. Ce mélange se fait très aisément si on ajoute l'huile au ciment à l'état humide; l'huile disparaît très vite, et le mélange reste homogène après la prise. Le résultat de ces essais est que l'addition d'huile au ciment et au mortier retarde la prise, agit peu sur la résistance, mais augmente le caractère d'imperméabilité à l'eau, ce que l'on sait depuis longtemps.

Sur les bétons et les bétons armés. — Le même bulletin mensuel donne la description d'un pont en ciment armé construit à La Havane, avec tous les détails d'exécution, et celle d'un réservoir d'eau, également en ciment armé, pour l'alimentation d'une ville.

M. A.-T. Goldbeck (American Institute for testing of materials) remarque que le béton subit un retrait quand il fait prise à l'air; mais si l'air est humide, il peut y avoir une expansion. M. L.-W. Page a mesuré ce retrait des bétons. En prenant pour coefficient de dilatation en longueur du béton la valeur 0,000003, il a trouvé que le retrait équivalait à une variation de température de 50°, et que la force de traction due au retrait équivalait à 70 kg par centimètre carré. Les fissures de retrait se manifestent très vite lorsque le béton sèche. Le béton se conduit à l'humidité comme le bois, séchant quand il fait sec, gonflant lorsque le temps est humide. Malgré tous les soins pris, il se produit un retrait dans le béton dès que l'humidité a disparu suffisamment. Il faut donc avoir soin de ménager des solutions de continuité dans tout béton exposé à sécher, de façon à ne pas contrarier les effets des retraits et des expansions du béton.

Le béton armé au feu. — La Commission allemande du béton armé a fait faire par M. Gary, de la Kgl. Materialprüfungsamt, de Gross-Lichterfelde, des essais de résistance du béton armé aux incendies. De petites constructions en béton armé, ayant 6 m × 4 m × 4 m, avec parois épaisses de 8 cm, ont été soumises par lui à des expériences assez précises.

Dans un béton de gravier, à 1 partie de ciment en volume et

4 parties de gravier, la température intérieure ayant atteint 1100°, les parois ont donné 400° à 1 cm de profondeur. Un béton de menu calcaire, à 1 volume de ciment pour 2 de sable et 4 de calcaire, a donné 340°.

Les armatures des parois étaient placées à 2 m et à 5 m de la surface intérieure. Leur position n'a pas d'influence. Mais il faut que les barres de croisement soient accrochées les unes aux autres si l'on veut s'opposer efficacement aux dilatations.

Ces essais confirment à nouveau que les parois en béton armé constituent un bon isolant contre le feu.

Des cubes de ces deux bétons, placés directement au feu, ont perdu respectivement 65 % et 60 % de leur résistance.

Nouveaux dissolvants de la cellulose. — La dissolution de la cellulose est une question aussi vitale pour les industries des fibres artificielles que pour celles des poudres sans fumée.

Or, on ne connaît pas de dissolvant simple de la cellulose pure, et non encore altérée ou éthérifiée. Les dissolvants complexes actuellement connus sont surtout :

Des solutions de sels métalliques en présence d'acides, tels le chlorure de zinc en solution aqueuse, et mieux en solution chlorhydrique;

Certains mélanges organiques, qui dissolvent la cellulose avec formation d'éthers;

Des solutions ammoniacales de l'hydrate cuivrique, du carbonate cuivrique, du chlorure cuivreux;

Des solutions de l'hydrate cuivrique dans les alkylamines.

M. H.-G. Deming (Journal of the American Chemical Society, sept. 1911) décrit quelques nouveaux dissolvants. Pour lui, les solutions salines qui dissolvent le mieux la cellulose sont celles qui dissolvent le sel avec mise en liberté d'acide chlorhydrique. Et il insiste sur l'efficacité des solutions chlorhydriques concentrées du chlorure mercurique, du chlorure de bismuth, du chlorure stanneux, du chlorure stannique.

Dosage du calcium. — Le calcium est un élément si répandu et son dosage est si délicat qu'une méthode approfondie de dosage serait la bienvenue. Le calcium, comme tous les éléments alcalino-terreux, se souille aisément, et les points de détermination deviennent extrêmement difficiles à saisir. La méthode à l'oléate de potassium et celle par trouble sont délicates à appliquer. M. L.-T. Bowser préconise (Journal of Industrial Chemistry, février 1911) une méthode basée sur un titrage au permanganate à N/200. L'excès du permanganate étant à son tour dosé avec l'acide oxalique au N/200. La méthode permet de doser des millièmes, soit 0 millig 3 de calcium.

Alliages pour acides. — Le plomb résiste à l'action des acides mais c'est une substance bien plastique. Pour robinets et plongeurs. « The metal Industry » (1911, p. 24) conseille l'emploi d'alliages plomb-antimoine ou plomb-nickel.

Dans la première série, Pb/Sb (à 5, 10, 15 ou 20 de Sb); le meilleur alliage est celui 90 Pb/10 Sb, qui est trois fois plus résistant à la traction que le plomb pur; l'acide sulfurique ne l'attaque pas davantage à froid, mais l'action est prononcée à chaud.

Dans la seconde série, Pb/Ni (à 1; 2,25; 3,5 de Ni), la résistance à la traction est 1 fois 1/3 plus grande que celle du plomb pur, mais l'attaque de l'acide à chaud n'est pas plus prononcée.

J. GARÇON.

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

CHIMIE

Procédé de préparation des « fuchsines » et autres colorants de la même classe. — La réaction découverte par M. Suais consiste à chauffer l'anhydroformaldéhyde-aniline avec la phénylhydrazine pour obtenir la para-fuchsine. L'auteur entrevoit la possibilité d'obtenir, d'après la même réaction, des colorants homologues ou analogues.

Ce procédé, au point de vue pratique, ne pourra sans doute pas concourir avec les procédés classiques de préparation des colorants triphénylméthaniques, mais il est nouveau et original.

(Rapport de M. E. Hœlting, Soc. Industr. de Mulhouse, 28 juin 1911).

Electrolyse du sulfate de cuivre. — C'est la présence d'impuretés dans l'électrolyte, particulièrement de l'arsenic et de l'antimoine, qui est la cause principale de la formation des dépôts irréguliers dans les opérations d'affinage électrolytique; lorsque la teneur en arsenic et en antimoine atteint un certain degré, ces corps se déposent avec le cuivre sur la cathode.

Les auteurs ont cherché à éviter cette précipitation des impuretés en ajoutant à l'électrolyte des corps appropriés; le chlorure de sodium, la gélatine, la colle donnent de bons résultats.

(Communications de MM. Ching Yu Wen et E. F. Kern, American Electrochemical Society, septembre 1911.)

Fabrication des verres d'éclairage. — M. Bostock décrit les procédés de fabrication du verre les plus employés en Amérique et spécialement ceux ayant pour objet la production de verres destinés à l'éclairage. Il est d'avis que le verre à base de sable devrait être exclu des usages de l'éclairage et que l'on devrait préférer le verre à base de phosphate, qui diffuse le mieux la lumière; le verre opale ne convient que comme produit d'ornementation.

(Communication de M. E.-H. Bostock, Lighting Society, Chicago, septembre 1911.)

ELECTRICITÉ

Les moteurs primaires pour installations d'électricité. — Pour une installation d'une puissance ne dépassant pas 1 000 chevaux et ayant un facteur de charge de 15 %, le coût de l'unité d'électricité est, d'après les résultats de la pratique, de :

0 fr 102 avec la vapeur ;

0 fr 104 avec le gaz ;

0 fr 053 avec les moteurs Diesel.

Cependant, la vapeur peut être favorable dans des fabriques où l'on a besoin du chauffage pour des travaux spéciaux (sucreries, papeteries, etc.) ; on peut toutefois employer également les gaz d'échappement des moteurs Diesel pour le chauffage.

Les brevets fondamentaux pour les moteurs Diesel sont en grande partie expirés et, en Allemagne, l'an dernier, il ne s'est pas fondé moins de trente nouveaux ateliers de constructions du moteur dont il s'agit.

Les auteurs donnent de nombreux renseignements sur les résultats financiers constatés en pratique, sur les dépenses de combustible, de graissage, etc.

(Communication de MM. W.-J. Marshall, W.-A. Tockey, C. Day, British Association, septembre 1911.)

Convertisseurs en cascade. — Dans beaucoup de cas, les convertisseurs en cascade ont un rendement qui ne diffère que peu de celui des commutateurs ordinaires et ils sont plus aptes que ces dernières à l'utilisation des pôles auxiliaires. La commutation des commutateurs ordinaires munies de pôles auxiliaires ne s'effectue pas aussi bien que la commutation des convertisseurs en cascade quand on emploie des survolteurs pour le réglage de la tension du côté du courant continu.

(Communication de M. H.-S. Hallo, Congrès international des Applications électriques, Turin, 10-17 septembre 1911.)

Contrôle automatique pour moteurs à courant continu. — Etant donnée l'utilisation du moteur électrique dans un grand nombre d'industries où le service des machines doit être abandonné à des ouvriers n'ayant aucune connaissance de l'outillage électrique, il y a grand intérêt à réaliser des appareils de commande automatique exécutant d'une manière uniforme et régulière les opérations de commutation, notamment au démarrage.

Ce résultat peut être obtenu partiellement en employant un appareil de commande dont le fonctionnement soit soumis à l'action d'un amortisseur, — pneumatique, par exemple, — de façon que le rhéostat de démarrage ne soit éliminé que graduellement, en dehors de l'opérateur, mais il est plus efficace de faire usage de dispositifs électromagnétiques, de contacteurs, en les agencant pour que la rapidité du démarrage soit appropriée, dans chaque cas, à la plus ou moins grande légèreté de la charge.

Généralement, ces contacts sont actionnés à l'intervention de relais, excités, par exemple, par un courant prélevé aux bornes de l'induit (système de contrôle à force contre-électromotrice) ou par le courant principal (contrôle série).

Cette dernière disposition est particulièrement avantageuse parce qu'elle procure une accélération parfaitement graduelle, avec un courant absorbé à peu près invariable et approchant le plus possible du courant maximum que permettent soit les conditions de commutation, soit la transmission entre le moteur et la machine actionnée.

Dans la forme usuelle, elle a toutefois l'inconvénient d'exiger des organes relativement complexes et délicats, qui demandent les soins de spécialistes, de sorte que, si la manœuvre elle-même est rendue simple et sûre, l'entretien des instruments ne l'est point.

Un perfectionnement important consiste à employer des contacteurs à excitation série, jouant eux-mêmes le rôle de relais, ou, pour mieux dire, fonctionnant sans relais. Ces interrupteurs sont formés d'un système de deux contacts fixes et d'une traverse de contact mobile,

actionnée par un noyau de fer, dont le mouvement est provoqué par une bobine convenablement calculée; le système magnétique du dispositif est constitué de façon que l'interrupteur ne soit fermé que pour des intensités comprises entre des limites données; une intensité trop forte, dépassant l'intensité maximum de démarrage fixée, étant incapable de produire le déplacement du noyau.

Le nombre de contacteurs à utiliser dépend de la nature de la charge et de la puissance du moteur; pour des charges lourdes et ayant beaucoup d'inertie, il faut naturellement plus de degrés de vitesse que pour des charges légères ou sans inertie.

Jusqu'à cinq chevaux, on utilise selon le cas 1, 2 ou 3 contacteurs; 3 contacteurs suffisent communément jusqu'à 25 HP; au delà on en emploie 4 ou 5.

La commande à contacteurs est très employée aux Etats-Unis pour les machines d'aciérie, les appareils de levage, les élévateurs, etc.

(Communication de M. A.-G. Eastwood, American Institute of Electrical Engineers, juillet 1911.)

Contrôle des ascenseurs électriques. — On emploie en Amérique deux modes d'attaque principaux pour l'actionnement électrique des ascenseurs : l'attaque directe, avec moteur à petite vitesse; l'attaque par vis sans fin, avec moteur à vitesse modérée.

Le moteur à petite vitesse a un rendement inférieur à celui du moteur à vitesse modérée, surtout à faible charge; la différence n'est pas compensée par la suppression des pertes dans la transmission si la machine fonctionne à faible vitesse.

Son mode de contrôle est d'ailleurs un peu plus compliqué, à raison de ce que la régulation est moins bonne; il faut un plus grand nombre de plots au rhéostat principal du circuit de l'armature, et la résistance de freinage dynamique doit également être divisée.

Avec les moteurs à vitesse modérée, on réalise communément une vitesse maximum, une vitesse normale, moitié de la première, une vitesse d'atterrissage, quart de la seconde; les limites peuvent être plus éloignées; les variations s'obtiennent par le réglage du champ.

Les liaisons nécessaires sont effectuées, de même que l'accélération, au moyen de contacteurs électromagnétiques; afin que les démarrages soient rapides, il est bon, si les arrêts ne sont pas trop longs, de laisser le champ faiblement excité lorsque le moteur est arrêté; l'expérience fait voir qu'il y a un gain appréciable de temps, et, partant, d'énergie (car le courant ne change pas) à procéder de la sorte.

La réduction du temps des démarrages et des atterrissements est très importante pour les ascenseurs qui ont à faire face à un grand mouvement de passagers et qui s'arrêtent à chaque étage, parce que ce n'est que sur de très faibles parties du parcours que l'on peut marcher à la vitesse maximum; la durée des voyages est donc principalement représentée par les arrêts et les départs.

Il est facile de combiner les installations pour pouvoir abandonner ce mode de contrôle spécial dès qu'il devient moins avantageux que le système ordinaire. De même les ascenseurs à deux vitesses sont aisément utilisés comme monte-charge à petite vitesse (la vitesse normale) tout en fournissant leur maximum de puissance et en transportant une charge double.

(Communication de M. J.-E. Barnum, American Institute of Electrical Engineers, juillet 1911.)

GÉNIE MARITIME

La commande électrique appliquée à la direction des navires. —

La commande à vapeur telle qu'elle est appliquée actuellement est si parfaite, qu'il est à peine permis de supposer que la commande électrique pourrait lui être supérieure au point de vue de la sûreté du service. Cependant, la suppression des conduites de vapeur, avec les pertes auxquelles elles donnent lieu, et des moteurs individuels, fonctionnant dans de mauvaises conditions, constituerait un avantage sérieux; la commande électrique étant appliquée à un grand nombre de machines auxiliaires, il est désirable qu'elle le soit aussi à l'actionnement du gouvernail; il en est plus particulièrement ainsi pour les bâtiments munis de moteurs à combustion interne. On peut se contenter d'utiliser l'électricité pour remplacer les téléMOTEURS, aujourd'hui en usage, c'est-à-dire comme simple agent de transmission, mais c'est la commande électrique directe qui offre le plus d'intérêt.

La difficulté provient de ce que le moteur doit être à même de déplacer rapidement le gouvernail, malgré la grande résistance de l'eau et quelle que soit l'amplitude du déplacement nécessaire, lequel

peut varier de quelques degrés — de 5 ou moins à 35 —, de part et d'autre; le déplacement total doit pouvoir être effectué en un temps très court : quinze secondes pour les petits bateaux, quarante pour les grands; pour les petits déplacements, l'effort à développer est faible; pour les grands, il devient considérable; ceci met d'ailleurs le moteur électrique en avantage comparativement au moteur à vapeur, grâce à la capacité de surcharge du premier et à son bon rendement aux faibles charges.

Comme la transmission entre le moteur et le gouvernail doit être aussi efficace que possible, elle n'est pas capable de maintenir le mécanisme dans la position où il est amené par le moteur, et pour le retenir il faut donc appliquer un procédé de freinage spécial; le freinage électro-magnétique des appareils de levage convient bien.

De même que l'on établit des moteurs à vapeur spéciaux pour cette application, de même on doit étudier convenablement les moteurs électriques; il convient d'utiliser des moteurs donnant leur maximum de rendement à demi-charge; les moteurs à pôle de commutation sont les meilleurs, ils peuvent être totalement blindés; comme ils ne travaillent que rarement sous pleine charge, ils s'échauffent peu et la fermeture hermétique ne nécessite pas une augmentation de leurs dimensions.

La réalisation d'une bonne sensibilité est importante : le gouvernail doit au moins pouvoir être déplacé par angles d'un degré; ses déplacements doivent suivre aussi rapidement que possible ceux de la roue; un certain jeu doit subsister cependant pour que le fonctionnement du mécanisme ne soit pas provoqué trop fréquemment.

L'auteur définit les divers systèmes de commande électrique en usage aujourd'hui et décrit une nouvelle méthode qu'il a imaginée.

(Communication de M. R.-P. Haigh, British Association, septembre 1911.)

Sur une nouvelle machine à sonder. — Cette machine est destinée aux sondages de moyenne profondeur, c'est-à-dire compris entre 0 m et 2000 m. Le principe pourrait toutefois en être appliqué à des machines destinées aux sondages profonds.

Deux flasques de fonte forment le bâti de l'appareil. A la partie supérieure, un balancier oscille autour d'un axe horizontal. L'une des extrémités du balancier, débordant du bâti, porte une poulie métrique. L'autre extrémité est rappelée par deux puissants ressorts à boudin dont on peut régler la tension par deux vis. Un tambour sur lequel s'enroule le fil de sonde est placé entre les flasques du bâti. Le plomb de sonde, du poids de 10 kg, l'emporte sur l'action des ressorts et fait basculer vers l'avant le balancier, en embrayant automatiquement l'axe d'un compteur de tours avec l'axe de la poulie métrique. Le nombre de tours de celle-ci s'inscrit au compteur. Dès que le plomb touche le fond, l'action des ressorts devient prépondérante; ils rappellent le balancier en le faisant basculer vers l'arrière. En même temps, le compteur est débrayé et un coin est pressé par les ressorts, de façon à former frein et, en bloquant le tambour, à arrêter instantanément le déroulement du fil.

(Note de M. Alphonse Berget, présentée par S. A. S. le Prince de Monaco, Ac. des Sciences, 3 juillet 1911.)

HYGIÈNE

Action de l'eau de seltz sur le plomb, l'étain et l'antimoine. Causes d'intoxication par altération chimique. — Le plomb, l'étain et l'antimoine entrent dans la composition des armatures dites têtes de siphon. Quelle est donc l'action de l'eau de seltz sur ces métaux?

1° Une lame de plomb pur et d'étain pur abandonnée à l'eau distillée de seltz une quantité de métal beaucoup plus faible qu'une lame constituée par un alliage de plomb et d'étain, par suite de l'absence de toute action électrolytique;

2° Les quantités de plomb et d'étain dissous deviennent sensiblement constantes au bout de six mois, quelle que soit la composition centésimale de l'alliage;

3° L'eau de seltz attaque plus fortement le plomb dans ses alliages que l'étain. Néanmoins, l'eau de seltz stannifère est nocive.

En dépit des règlements de police qui limitent le taux légal du plomb à 10 %, il circule, à Paris, des siphons dont l'armature contient 40 % de plomb. En Allemagne, les têtes de siphon doivent contenir, au maximum, 1 % de plomb ou être composées d'étain allié à 10 % d'antimoine. Cet antimoine entre également en dissolution dans l'eau de seltz. Au bout de deux mois, il précipite à l'état de sulfure. La dissolution de l'antimoine dans l'eau de seltz est d'ailleurs,

favorisée par une action électrolytique; on y a trouvé du plomb et des traces d'arsenic provenant des impuretés de l'antimoine.

Il résulte de tout ceci que les fabricants d'eaux gazeuses devront garnir la partie métallique intérieure du siphon, soit d'un revêtement protecteur en verre ou en porcelaine fine, soit d'un vernis siliceux approprié. Ce dispositif devrait être réglementé et rendu obligatoire.

Dans les boîtes de conserves, à la place de l'acide carbonique, on a en jeu des acides organiques plus énergiques qui, au contact du couple étain-plomb du fer-blanc sont susceptibles de provoquer des intoxications alimentaires.

(Note de M. A. Barillé, présentée par M. Laveran, Ac. des Sciences, 31 juillet 1911, et communication à la 40^e session de l'Association française pour l'avancement des Sciences, Dijon, 31 juillet-5 août 1911.)

La suppression des fumées. — L'auteur décrit un petit appareil qu'il a imaginé pour la vérification des fumées; il est d'avis que les dispositions légales actuelles sont insuffisantes et devraient être rendues plus précises. On devrait aussi constituer un comité responsable pour fixer un étalon de comparaison.

(Communication de M. J.-S. Owens, British Association, septembre 1911.)

MÉCANIQUE

Machine à vapeur à distribution par le piston. — Un jeune mécanicien de la marine vient de réaliser, d'une façon très simple, un dispositif permettant de supprimer le tiroir et ses organes de commande.

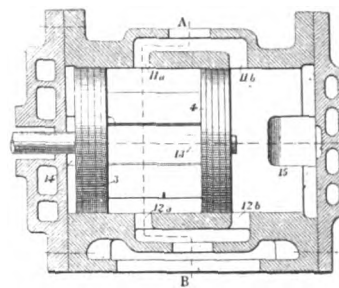


FIG. 1.

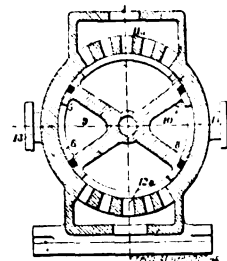


FIG. 2.

Le moteur est à double effet, à détente constante; le réglage de la puissance s'effectue à l'aide d'un régulateur agissant sur l'admission.

Le piston 2 (fig. 1) comprend deux têtes cylindriques 3, 4, portant des segments circulaires; l'espace compris entre les deux têtes est cloisonné de façon à obtenir quatre chambres indépendantes dont les segments longitudinaux 5, 6, 7, 8 (fig. 2), assurent l'étanchéité.

La vapeur vive arrive par les orifices 13 dans les chambres 9, 10, et, par les évidements 14, agit sur la face gauche du piston qui se meut vers la droite (fig. 1) et intercepte presque aussitôt l'arrivée de la vapeur. Celle-ci n'agit alors que par détente jusqu'au moment où les orifices d'échappement 11, 12 étant dépassés par la face gauche du piston, l'échappement se produit. A ce moment, les évidements 15 mettent les chambres d'admission 9, 10 en communication avec la face droite du piston qui est ramené vers la gauche après une certaine période de compression.

Ce système paraît intéressant pour des moteurs de faible puissance, à grande vitesse, et peut être disposé à simple effet soit horizontalement, soit verticalement.

Un moteur d'essai a parfaitement fonctionné sans être muni de segments longitudinaux.

(Communication de M. Bernard, Soc. des Anciens Elèves de l'Ecole nationale des Arts et Métiers, Bull. Technologique, juillet-août 1911.)

L'état actuel de la construction des machines à vapeur. — Pour être économique, une machine à vapeur ne doit pas seulement avoir une faible consommation de vapeur, mais elle doit encore conserver cette faible consommation aussi longtemps que possible et résister à l'usure; elle doit, en outre, exiger une faible consommation d'huile, être simple, peu coûteuse, et d'une surveillance facile. La difficulté est de réunir toutes ces conditions, et il est intéressant, à ce point de vue, d'étudier le développement des machines à vapeur pendant les soixante dernières années.

Ce développement ne s'est pas fait d'une façon continue, car les idées directrices ont varié. Hirn, en s'appuyant sur des considéra-

tions théoriques, a montré que la surchauffe de la vapeur permettait d'augmenter le rendement de la machine. Il construisit, ainsi que Hirzel et Schwörer, des surchauffeurs. Les applications confirmèrent la façon de voir de Hirn, mais elles rencontrèrent, à l'époque, de nombreuses difficultés : il était impossible d'employer longtemps la vapeur surchauffée dans les machines, et il semblait que le principe n'était pas industriellement utilisable. La cause de cet insuccès était le manque de moyen de graissage approprié à la vapeur surchauffée. Le graissage se faisait alors avec des graisses animales; aux hautes températures, le suif se décompose en acides gras qui attaquent la machine.

A la fin de 1860, on a réussi à employer les huiles minérales dans le graissage des machines. A cette époque, on aurait pu reprendre les applications de la vapeur surchauffée, mais on était encore sous l'impression des résultats défavorables de Hirn. Les progrès réalisés à ce moment par les machines Corliss, au point de vue de la consommation de la vapeur, détournèrent d'ailleurs de la vapeur surchauffée. Corliss avait suivi une voie différente pour améliorer le rendement des machines : tous ses efforts s'étaient tournés vers une meilleure utilisation de la détente de la vapeur. Il a commencé la construction de ses machines en 1852, et, malgré l'opposition qu'il a rencontrée parmi les constructeurs, il réussit à créer une machine qui eut un grand succès et se répandit en Amérique. Une machine Corliss fut amenée, en 1857, à Buckau, pour servir de modèle. Des constructeurs d'Allemagne et d'autres pays entreprirent alors la fabrication de machines analogues; mais les matériaux employés par eux n'étaient pas d'aussi bonne qualité que ceux employés par Corliss, de sorte que ces machines subirent, au bout de peu de temps, des déformations déplorables, et que la consommation de vapeur, qui était très faible au début, devenait rapidement inadmissible. Les constructeurs semblaient donc avoir raison en préférant les anciennes machines à distribution par tiroir.

Corliss avait eu comme idée directrice, dans la construction de ses machines, le perfectionnement de la distribution de la vapeur; il avait pour cela construit sa commande extérieure. Il sépara la commande d'admission et la commande d'échappement. S'il obtint un meilleur rendement thermique par la séparation des trajets de la vapeur à l'entrée et à la sortie, ce ne fut pour lui qu'un résultat secondaire : il cherchait avant tout une commande de précision.

En 1860, apparut la machine Sulzer, inspirée par la machine Corliss; mais les tiroirs rotatifs, à grand frottement, furent remplacés par les soupapes légères. A l'exposition de Vienne de 1873, on a pu constater que la machine Sulzer était une machine d'un rendement remarquable. A ce moment, de nombreux chercheurs inventèrent des commandes différentes pour les machines à soupapes. Il en fut des machines à soupapes comme des machines Corliss : de nombreux constructeurs n'apportèrent pas tout le soin désirable aux matériaux employés, et la consommation devenait rapidement inadmissible, de sorte que la machine primitive n'était pas encore détrônée.

En 1870, on augmenta la pression de la vapeur, encouragé par les résultats obtenus dans les machines marines. Les machines à cylindres multiples firent leur apparition. On se faisait à l'époque le raisonnement suivant : dans une machine monocylindrique, il y a une trop grande chute de température dans un cylindre; si l'on répartit la détente entre plusieurs cylindres, on aura moins de pertes par refroidissement et l'on pourra, en outre, utiliser de plus grandes pressions de vapeur; ce sont là autant d'avantages au point de vue de la faible consommation de vapeur. La construction de ces machines n'a pas présenté de difficultés particulières; au contraire, l'étanchéité des pistons était moins difficile à obtenir que dans les machines à simple expansion, car les pistons étaient soumis à de moins grandes différences de pression.

En 1890, Schmidt pensa à nouveau à employer la vapeur surchauffée, mais en poussant la surchauffe beaucoup plus loin que ne l'avait poussée Hirn, de façon à réduire les pertes dans les cylindres. En 1892, il construisit sa première machine d'essai et, en 1893, M. Grabau put se convaincre, en étudiant cette machine, que l'emploi de la vapeur surchauffée n'offrait pas de difficultés dans des machines spécialement construites.

La machine monocylindrique semble actuellement reconquérir tous ses droits sous la forme de la machine équilibrante. Ce genre de machine était connu depuis longtemps, mais c'est le professeur Stumpf qui en a montré tous les avantages. Ces machines n'ont sans

doute pas un rendement supérieur à celui des machines à expansion multiple; quoi qu'il en soit, la différence est très faible, surtout au point de vue des chevaux effectifs qui, au point de vue industriel, sont seuls intéressants. Profitant des expériences déjà acquises, il a été possible de construire des machines qui travaillent avec une compression de 90 %, car le principe de la machine équilibrante repose sur cette haute compression. L'échappement de la vapeur ne se fait pas par le plateau du cylindre, mais par des rainures que découvre le piston vers la fin de sa course. La section d'échappement est de ce fait très grande; on peut, de cette façon, obtenir un équilibre entre la tension du cylindre et celle du condenseur. Toutes les autres machines travaillent avec une plus grande contre-pression. De plus, dans la machine équilibrante, l'effet nuisible de la vapeur d'échappement est évité autant qu'il est possible.

Au point de vue de l'exploitation, la machine équilibrante est d'une simplicité remarquable si on la compare aux machines compound; elle n'a qu'un cylindre et n'a pas d'organes spéciaux pour la commande de l'échappement. Ce qui doit avant tout retenir l'attention du constructeur dans les machines équilibrantes, c'est l'étanchéité du piston et des soupapes. Ces parties de la machine doivent supporter des différences de pressions de 12 atmosphères et plus, et cela pendant un temps assez long. Si quelque négligence se produit de ce côté, on éprouvera les mêmes déboires qu'avec la machine Corliss.

La machine équilibrante se prête particulièrement bien aux exploitations à charge variable, tel que dans le cas des laminoirs. Par suite de sa grande section d'échappement, elle permet, pour les grandes admissions l'échappement de grandes quantités de vapeur sans avoir de contre-pression nuisible. Les recherches faites jusqu'à présent ont montré que la machine équilibrante a une consommation de vapeur presque aussi favorable pour les différents remplissages; elle se distingue donc des machines ordinaires qui n'ont une consommation économique que pour les charges normales. La question de savoir si l'application de la machine équilibrante à la locomotive se développera est encore pendante.

(Communication de M. L. Grabau, Kölner Bezirksverein deutscher Ingenieure, 14 juin 1911.)

Le moteur Diesel. — Les consommations de combustibles pour les moteurs Diesel de moyenne puissance seraient les suivantes :

à pleine charge.	0,199 kg par cheval-heure.
3/4 "	0,203 kg —
1/2 "	0,212 kg —
1/4 "	0,362 kg —

(Communication de M. C. Day, British Association, Portsmouth.)

Deux formes très simples de régulateurs de pression des gaz. — Ces formes sont représentées par les figures 1 et 2 (p. 656). Chaque modèle comprend :

- 1° Un récipient extérieur A;
- 2° Un cylindre intérieur B, ouvert à ses deux extrémités, pouvant indistinctement affecter les formes des figures 1 et 2;
- 3° Un flotteur C, pouvant être constitué par un récipient en verre fermé d'un bouchon, et pouvant s'élever ou s'abaisser librement dans le cylindre;
- 4° Un tube d'arrivée et un tube de sortie des gaz, D et E;
- 5° Une valve V.

Dans le modèle représenté par la figure 1, cette valve consiste en un tube de verre soufflé à une extrémité, l'autre étant fixée au bouchon du flotteur; il coulisse dans un petit tube de verre T, équerri soigneusement à la toile émeri, afin de donner une fermeture parfaite lorsque l'ampoule de la valve vient s'y appliquer.

Le récipient extérieur A contient de l'eau jusqu'à un niveau qui dépendra de la pression désirée pour le gaz.

Ce dernier suit le chemin indiqué par la flèche, et passe, jusqu'à ce que sa pression, devenant trop forte, il oblige l'eau à s'élever dans A, par conséquent à baisser dans B, ce qui entraîne le flotteur et ferme l'ouverture de T; le gaz continuant à s'échapper, sa pression dans B diminue, ce qui occasionne la réouverture de T. La pression d'écoulement sera égale à la différence de niveau de l'eau dans A et B au moment où V est en train de se fermer.

Dans le modèle de la figure 2, la valve est constituée par une baguette de verre, portant à son extrémité supérieure un manchon en liège qui vient fermer l'orifice d'arrivée du gaz lorsque, par suite de l'augmentation de pression le flotteur C s'abaisse.

L'aire de la section transversale du flotteur sera assez large, comparée à celle de la valve, pour que la pression exercée sur le sommet de cette dernière soit négligeable.

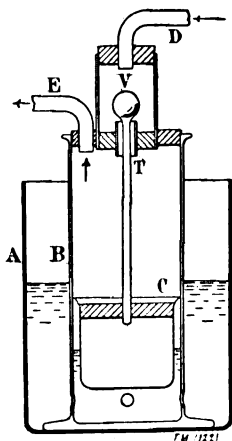


FIG. 1.

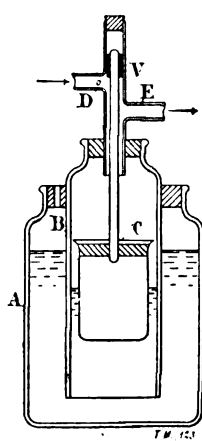


FIG. 2.

Le type de la figure 1 donne une pression d'écoulement très constante.

Il a l'inconvénient de donner des vibrations, qui durent assez longtemps à chaque changement brusque de pression.

Le type de la figure 2, donnant une fermeture progressive de l'orifice d'arrivée des gaz, n'assurera pas une pression aussi constante; de plus, on ne pourra pas réduire

l'admission au-dessous du volume débité par les fuites à travers la valve, mais il a l'avantage de ne jamais donner de vibration et il conviendra mieux pour les appareils tels que les fours à gaz, demandant un grand débit à une pression à peu près constante.

(Communication de M. Edgar Stansfield, Faraday Society, mai 1911.)

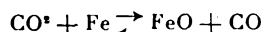
MÉTALLURGIE

L'acier fabriqué au four électrique aussi économiquement que l'acier Bessemer. — Les fours électriques ont été employés depuis longtemps pour la fabrication d'aciers de qualités spéciales se vendant très cher, mais n'avaient pas jusqu'alors été considérés comme pouvant fabriquer économiquement des aciers ordinaires. Depuis quelque temps, on est arrivé dans cette voie à des résultats remarquables.

Les procédés Bessemer ou Thomas sont caractérisés par des pertes considérables de métal. Aux États-Unis, sur 10 millions de tonnes d'acier fabriqués annuellement par ces procédés, on évalue à 1 million de tonnes les pertes dues à l'oxydation du métal, l'évaporation, etc.

Le principal avantage du four électrique est, non seulement de donner une très haute température, aussi constante que possible, mais encore de contrôler et de faire varier à volonté l'atmosphère de ce four.

Voici le principe : si l'on place dans un creuset en magnétite fermé de la fonte et si l'on maintient ce creuset à une température uniforme très élevée, l'espace vide étant rempli d'acide carbonique, il se produira une réaction d'équilibre définie par la formule :



et telle qu'à la température donnée, lorsque l'équilibre est atteint, le rapport de $\frac{\text{CO}}{\text{CO}^2}$ soit constant. Si l'on remplace le mélange de ces deux

gaz par un autre mélange contenant moins de CO^2 et plus de CO que le mélange d'équilibre, une partie de FeO sera réduite jusqu'à ce que le pourcentage de CO^2 prenne une valeur égale à celle de l'équilibre.

Si, d'une façon continue, on admet le mélange gazeux, on conçoit que la réaction puisse être continue; on arrivera ainsi à réduire tout l'oxyde de fer et ceci même avec un mélange gazeux jouant le rôle d'oxydant vis-à-vis du carbone de manière à l'éliminer.

L'American Smelting Engineering Co fit, d'après ce principe, un grand nombre d'expériences pour transformer la fonte en acier et raffiner ce dernier sans aucune oxydation ni du fer ni d'aucun métal utile constituant l'acier.

Les expériences furent poursuivies dans des creusets en magnétite, avec des mélanges gazeux de composition variée, afin de déterminer celles qui convenaient le mieux. On constata qu'il y avait une très grande latitude permise à partir de 4 % d'oxyde de carbone et de 12 % d'acide carbonique. A la température de 1450°, on élimine le carbone sans oxydation pratique du fer, du manganèse ou du silicium.

On constata que le mélange gazeux pouvait être soufflé dans le métal

sans qu'il y ait d'ébullition ni de formation de scorie au cas où, avant le soufflage il s'en était formé une, elle disparaissait complètement pendant l'élimination du carbone. Les pertes d'acier pendant une opération sont inférieures à 2,50 %, alors qu'avec le Bessemer on les évalue à 20 %.

En traitant ainsi un spiegel à 13,4 % de manganèse, on arriva à un acier en contenant 12,5 %, et cela sans addition d'aucune matière étrangère susceptible de diminuer les pertes par évaporation; la teneur en carbone tomba de 4 % à 1,2 %.

L'addition d'un peu de chaux diminue encore les pertes.

Ce procédé convient aussi bien à la fabrication de n'importe quel acier spécial.

Élimination du phosphore et du soufre. — Grâce à l'addition d'un peu de chaux entre 1300° et 1500°, on élimine le phosphore à l'état de phosphate de chaux sans élimination du carbone; ce dernier est éliminé avant aux températures comprises entre 1500° et 1900°; le soufre est aussi enlevé par la même scorie phosphoreuse.

Par cette méthode, et dans une seule opération, on peut, en faisant une addition préalable de chaux, transformer une fonte impure en un acier de bonne qualité et ceci en moins de 30 minutes.

Résultats économiques. — Prenons une usine traitant 39 t de fonte au convertisseur pour obtenir environ 32 t d'acier; il faut compter sur les 7 t perdues dans la transformation: il y en a environ 5 qui sont du fer passé à l'état d'oxyde; dans une année de 300 jours de travail cela fera 1500 t, qui transformées en acier, vaudraient 150 fr l'une, ce qui représente 225 000 fr.

Supposons que l'acier doive contenir 0,60 % de manganèse: il faudra introduire 0,80 % de ferro-manganèse, soit pour 1 fr. 80 par tonne d'acier, représentant 21 600 fr par an dont 1/3 sera perdu dans la scorie.

L'acier fabriqué électriquement permettra ainsi d'économiser annuellement 225 000 + 7 200, soit 232 200 fr de métal.

Convertisseur électrique. — Celui qui donne les meilleurs résultats consiste en un four à induction à revêtement basique, ayant un foyer central, sur les côtés duquel sont les tuyaux amenant le mélange gazeux et ayant plusieurs directions radiales du flux d'induction.

La fonte contiendra normalement 1,5 % de silicium et de 0,75 à 0,85 % de manganèse; au cas où il y aurait davantage de silicium, on ajouterait un peu de chaux au début de l'opération. On chauffe à 1450° et l'on souffle un mélange contenant 8 % de CO pour 15 % de CO^2 . Le pourcentage final en manganèse sera de 0,05 % à 0,10 %, inférieur à celui de la fonte, et l'on peut régler l'opération de façon à obtenir l'acier désiré.

Si l'on opère une fonte phosphoreuse et sulfureuse, on ajoute un peu de chaux: l'élimination commence par celle du carbone jusqu'à une teneur de 1 %, et se continue par celle du phosphore et du soufre.

En résumé, les avantages du convertisseur électrique sont les suivants :

- 1° Tout le traitement ayant lieu dans le même récipient, on évite les pertes de chaleur dues aux transvasements, évaporation, etc.;
- 2° On n'a pas à craindre la formation d'oxyde de fer et on n'a pas à craindre de trop souffler;
- 3° La surveillance ne nécessite pas un personnel instruit;
- 4° On peut employer des fontes sulfureuses;
- 5° On évite d'enlever une scorie et de faire des additions pendant le cours de l'opération;
- 6° La force électrique consommée par un four de 2 t à 3 t de capacité ne dépasse pas 30 kwh par tonne.

(Communication de M. A.-E. Greene, American electrochemical Society, août 1911.)

Influence de la température sur la corrosion. — Heyn et Bauer ont affirmé que les solutions de chlorures et de sulfates alcalins sont moins corrosives pour le fer que l'eau pure. Ces résultats étant contraires à l'affirmation de plusieurs chimistes, l'auteur fit des expériences afin d'élucider cette question. Il trouva que, à une température supérieure à 13° C, les solutions salines de toute concentration exercent une action corrosive moins intense que l'eau distillée; qu'à 13° les solutions diluées ont une action à peu près équivalente et qu'au-dessous de cette température ce sont les solutions salines diluées qui sont les plus corrosives.

(Communication de J. Newson Friend et J. Hallam Brown, Chemical Society, meeting du 7 septembre 1911.)

Corrosion des fers et aciers. — Afin d'éviter les confusions résultant de l'introduction d'éléments étrangers, on prépara, pour les expériences, des spécimens de fer pur contenant de 0,10 % à 0,96 % de carbone, et complètement dépourvus de sulfure de manganèse.

On les examina dans différentes conditions : laminés, recuits et trempés à 400° (α) et à 500°.

Au point de vue de la corrosion par l'eau de mer, on trouva : 1° que la teneur en carbone exerce une influence moins régulière sur la corrosion des alliages fer-carbone que l'état de division du carbone dans la perlite ; 2° les aciers trempés se corrodent plus vite que les autres. Les produits de l'attaque sont de deux sortes : l'un est brun clair et floconneux, l'autre verdâtre et adhérent.

La solubilité des aciers, dans l'eau acidulée à 1 %, dépend énormément du traitement qu'ils ont subi. Pour les aciers recuits et laminés, la solubilité augmente rapidement lorsque la proportion de carbone croît de 0,10 % à 0,22 %, après quoi elle décroît brusquement, passe au minimum pour 0,30 % à 0,40 % de carbone et s'élève ensuite irrégulièrement jusqu'à ce que la teneur soit 0,96 % pour les produits laminés et 0,60 % pour ceux qui ont été recuits. Enfin, au-dessus de 0,96 % de carbone, la solubilité décroît.

Dans le cas des aciers trempés, la solubilité croît lorsque la teneur en carbone va de 0,10 % à 0,30 %, reste constante jusqu'à une teneur de 0,55 %, pour les aciers trempés à 500°, mais, au contraire, décroît pour ceux qui ont été trempés à 400°.

A partir de 0,55 %, on a un accroissement rapide et régulier.

Les aciers trempés sont électro-négatifs, par rapport aux autres, au-dessous de 0,50 % de carbone, alors qu'ils sont électro-positifs de 0,7 à 0,96 %.

(Influence of Carbone and other elements in the Corrosion of Steel Committee, août 1911.)

Corrosion du laiton. — Il faut retenir des études et expériences de M. Paul T. Bühl sur la corrosion du laiton les résultats suivants :

1° La présence de l'air ou une élévation de température au-dessus de certaines limites augmente la corrosion ; 2° le fer, le nickel, de petites quantités de plomb sont nuisibles ; plus de 1 % d'étain, de grandes quantités de plomb et d'aluminium sont favorables ; 3° il faudra recouvrir de laiton l'intérieur des tubes et les plaques des générateurs ; 4° d'autres revêtements protecteurs ne sont pas recommandés ; 5° le générateur sera protégé contre tout courant électrique ; 6° on lavera à l'eau claire les générateurs le plus souvent possible.

(Communication de M. Paul T. Brühl, Institute of Metals.)

Alliages d'aluminium et zinc. — L'auteur construisit une longue série de courbes de refroidissement qui furent obtenues en opérant très lentement sur des lingots ayant été souvent soumis au préalable à un recuit prolongé. Il compléta l'étude des alliages par un examen microscopique et par l'étude d'échantillons recuits et trempés à différentes températures. Les résultats furent traduits sur un diagramme d'équilibre qui diffère considérablement de celui de Schepherd admis jusqu'alors. Grâce à la lenteur du refroidissement, il découvrit l'existence d'un composé défini Al^2Zn^3 stable seulement à 443° et 256°. Dans la majorité des alliages, ce composé est formé lentement par réaction entre les cristaux de zinc et une solution solide riche en aluminium. Ce phénomène a un intérêt spécial par suite de la production d'une constitution en fines lamelles rappelant beaucoup la perlite des aciers au carbone.

(Communication des Drs W. Rosenhain et M. S. Archblutt, Institute of Metals, meeting de septembre 1911.)

PHYSIQUE

Transmission de la chaleur dans les chaudières. — M. V.-L. Rupp fit des expériences sur une chaudière d'une puissance de 80 HP munie de tubes de fumée de 4^m.50 de long et 10 cm de diamètre (surface de grille 2^m.325). Cette chaudière est représentée par la figure 1. A et B sont des trous permettant de prendre la température des gaz chauds à l'entrée et à la sortie du faisceau tubulaire.

Lorsque la chaudière fonctionne régulièrement, la température moyenne à l'entrée est, environ de 750° et à la sortie de 440°, ce qui représente à travers les tubes une chute de température de 310°.

Le volume des gaz étant proportionnel à la température absolue, il en résulte que le volume, en B, est à peu près double de celui en A, d'où une vitesse plus grande dans la partie antérieure des tubes que dans la partie postérieure et, par conséquent, un échange de chaleur meilleur à l'avant qu'à l'arrière.

M. Rupp imagina de placer, à l'intérieur des tubes de 10 cm de diamètre des tubes plus petits de 3 cm de diamètre environ, maintenus par trois anneaux représentés (fig. 2) ; il augmenta ainsi la surface de contact, qui sert à chauffer l'eau, de même que la vitesse d'écoulement des gaz chauds.

Voici les résultats obtenus sur la même chaudière : température moyenne à l'arrivée : 830° ; à la sortie des tubes : 250° ; diffé-

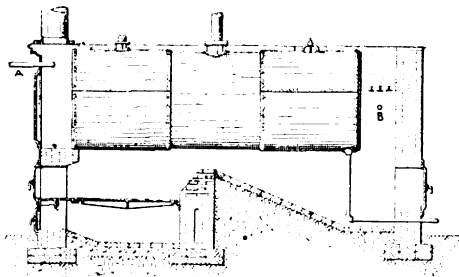


FIG. 1.

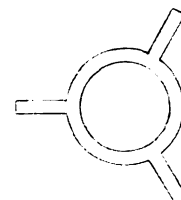


FIG. 2.

rence : 580°. En augmentant le tirage (tirage forcé), on arrive à une différence de 610°.

On obtient un résultat intermédiaire en réduisant les orifices d'entrée et de sortie des tubes de fumée au lieu d'introduire de petits tubes à l'intérieur des gros.

(Communication de M. V.-L. Rupp, meeting de « The Institute of operating Engineers », 1^{er} septembre 1911.)

Influence de diverses conditions physiques sur le rayonnement ultra-violet des lampes à vapeur de mercure en quartz. — On sait que le régime électrique des lampes à vapeur de mercure dépend de la grandeur et de la forme des électrodes et du tube lumineux, de la température du milieu et du refroidissement des électrodes.

Il est important de connaître comment varie le rayonnement ultra-violet, lorsque, par des conditions de refroidissement différentes, on fait varier le régime électrique de la lampe.

La lampe employée pour les expériences, une lampe Westinghouse Cooper Hewitt, a brûlé dans quatre conditions différentes : 1° dans une boîte en amiante ouverte d'un côté ; 2° à l'air libre, avec capuchon sur boule + ; 3° à l'air libre sans capuchon ; 4° plongée dans l'eau.

On a constaté que le rayonnement ultra-violet était d'autant plus intense que la température du tube lumineux était plus élevée, et que le rendement en ultra-violet d'une lampe semblait dépendre, non pas du nombre de watts consommés, mais de la chute de potentiel dans le tube lumineux.

En ce qui concerne la constance et la durée des lampes, les recherches entreprises ont montré que si, au bout d'un certain temps une lampe baisse au point de vue lumineux et ultra-violet, cet affaiblissement ne se produit, pour des lampes bien purgées de gaz et à électrodes bien étanches, qu'après une durée de service très grande.

(Note de M. Victor Henri, présentée par M. A. Dastre, Ac. des Sciences, 14 août 1911.)

TRAVAUX PUBLICS

Sur la construction des routes et ouvrages d'art en terrains calcaires. — Les accidents survenus à la route construite dans les gorges du Loup (Alpes-Maritimes) sont dus à la méconnaissance des particularités qui rendent les calcaires spécialement dangereux en matières de travaux publics. De nombreux exemples pourraient être cités.

Les ingénieurs ne doivent pas demander aux calcaires une cohésion et une stabilité dont ils sont dépourvus à cause de leur fissuration et de leur régime hydrologique. Il est nécessaire d'imposer, en ce qui concerne ces terrains, une prudente limite aux hardiesses des constructeurs. Il ne faut pas oublier, à l'époque actuelle, où l'on recherche particulièrement, dans les terrains calcaires, à pénétrer parmi d'étroits défilés, que les roches pseudo-compactes sont les plus délicates à modifier dans leur assiette naturelle par suite des fissurations, des poches et colonnes d'eau qu'elles contiennent aux points les plus imprévus.

(Note de M. E.-A. Martel, Ac. des Sciences, 25 septembre 1911.)

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

ENSEIGNEMENT

Les Universités et l'Enseignement technique.

Orientation professionnelle des Universités. — Leurs futurs élèves. — Qu'elles ouvrent leurs portes aux élèves de nos écoles de l'enseignement technique.

Dans une remarquable étude — « la Formation des Ingénieurs en France », parue dans la *Revue générale des Sciences pures et appliquées* (numéro du 30 septembre 1910). — M. Georges Bourrey, inspecteur de l'Enseignement technique et directeur de la *Technique Moderne*, aboutissait aux conclusions suivantes : « Alors que l'enseignement dans la plupart des pays industriels est spécialisé et pratique, l'enseignement technique supérieur, en France, est encyclopédique et théorique. »

« Or, s'il est nécessaire que l'enseignement technique spécialisé repose sur un enseignement général scientifique et même de technique générale, — l'avantage d'une haute culture scientifique et encyclopédique étant incontestable, — il ne faut pas perdre de vue que, pour un homme de jugement général, l'industrie réclame un nombre considérable d'ingénieurs spécialisés. »

D'où la nécessité de confier l'instruction des futurs ingénieurs à des maîtres de catégories différentes : les professeurs « scientifiques » et les professeurs « techniques ».

Ainsi le technicien, homme de réalisation, ne saurait être formé uniquement par des méthodes aux tendances théoriques et encyclopédiques, c'est-à-dire spéculatives. A la manie du concours ou d'examen faisant perdre tout caractère scientifique et n'exerçant que la mémoire (1), substituons, résolument, pour lui, la collaboration constante entre l'enseignement, le laboratoire et l'atelier. En un mot, que notre enseignement technique supérieur, « élargi, renouvelé, vivifié », selon l'expression de M. Steeg, devienne de plus en plus utilitaire.

— Utilitaire ! Mot roturier, certes, car, avouons-le : longtemps, chez nous, le commerce et l'industrie ont été traités en parents pauvres, d'une classe sociale inférieure. Préjugés aristocratiques de l'ancien régime devenus préjugés, souvent, de notre bourgeoisie républicaine auxquels nous devons notre manie du fonctionnarisme ; préjugés dont Berthelot a fait justice : « Ce mot, *utilité*, embrasse en réalité tous les points du travail humain, dont la dignité n'est pas moindre dans l'ordre manuel que dans l'ordre intellectuel. La

« civilisation tend d'ailleurs à rapprocher de plus en plus les deux ordres par l'obligation d'une éducation scientifique indispensable pour l'exécution même des travaux mécaniques et agricoles. »

Nous demandons donc à l'enseignement technique supérieur d'être moins scholastique, mais plus humain ; de devenir « un enseignement en harmonie avec son temps ».

(A suivre.)

Raoul MORTIER,
Professeur à l'École nationale professionnelle de Vierzon.

LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION

DU TRAVAIL INDUSTRIEL

Règlement sur l'Exploitation des mines de combustibles.

Un décret du ministre des Travaux publics, en date du 13 août 1911, qui ne comprend pas moins de 233 articles, modifie le règlement général sur l'exploitation des mines de combustibles du 25 juillet 1895. (*Journal officiel* du 25 août 1911.) Le nouveau décret, édicté des prescriptions qui constituent le maximum de garantie pour la sécurité des exploitations. Il se divise en quinze titres : 1° installations de la surface (dispositions générales, installations électriques) ; 2° puits et galeries débouchant au jour, puits intérieurs (dispositions générales, circulation dans les puits) ; 3° plans inclinés ; 4° roulage en galeries ; 5° machines et câbles ; 6° travail au chantier ; 7° aérage (dispositions générales, dispositions spéciales aux mines à grisou) ; 8° dispositions spéciales contre les poussières ; 9° éclairage (dispositions générales, prescriptions spéciales concernant l'emploi des lampes de sûreté, précautions à prendre pour l'emploi de l'essence) ; 10° explosifs (dispositions générales, emploi des explosifs dans les mines grisouteuses ou poussiéreuses) ; 11° incendies souterrains et dégagements instantanés de gaz nuisibles ; 12° emploi de l'électricité dans les travaux souterrains (dispositions générales, des canalisations établies à demeure, salles de machines, sous-stations et postes de transformation, tableaux de distribution, traction par l'électricité, tir électrique, dispositions spéciales aux mines à grisou, isolement, mesures, vérifications et visites) ; 13° hygiène des chantiers ; 14° plans et registres ; 15° dispositions diverses.

Ce nouveau règlement ne deviendra exécutoire que six mois après sa publication, afin d'assurer la transition entre l'ancien et le nouveau régime.

QUESTIONS ÉCONOMIQUES

Gisements de plomb et de zinc du département de Constantine.

(Suite et fin) (1).

A Bir benî Salah on trouve la galène, la blende et le cinabre. Les filons ont pour gangue la barytine ou le quartz. A la surface, le plomb est à l'état de cérusite, pyromorphite ou de mimétèse riches en argent (77 tonnes d'Ilg. de 1886 à 1895.)

A Sidi Kamber se trouvent des filons barytiques avec blende, galène, cérusite, cinabre et pyrite traversant les schistes et gneiss.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III (1911), n° 10, p. 595.

3° Région de Bône-La-Calle. — Situés sur le versant nord d'Edough : les gîtes d'Ain Barbar se composent de filons de blende avec chalcopryrite et un peu de galène, encaissés dans les argiles formant la base de l'éocène supérieur. Le quartz est la principale gangue filonienne.

Les gisements d'Oum Theboul comprennent de la pyrite de fer parfois arsenicale, toujours argentifère, légèrement aurifère. Dans les parties hautes, on trouve des minerais de plomb riches en argent (700 gr à 1.500 gr d'Ag, 5 gr d'or à la tonne) ; puis de la blende et de la galène (1500 tonnes d'oxydes de plomb, en 1907, et 3 600 tonnes de mixtes, en 1908) ;

4° Aurès. — La structure de ce massif se compose d'un anticlinal infracrétacé à noyau jurassique s'infléchissant au Nord pour former des dômes (Chelia et Djebel-Amamra). Deux synclinaux symétriques s'y joignent.

Les gîtes de Taghit sont encaissés dans le néocomien constitué par des bancs de calcaires, marnes et grès. Les filons contiennent de la blende accompagnée de smithsonite, de la galène et du cinabre dans des gangues de quartz, calcite, barytine et limonite.

IMPRÉGNATION DANS LES COUCHES CALCAIRES ET AMAS CALAMINAIRES. — 1° Dans la *Kabylie des Babors* se trouvent que quelques veinules de smithsonite à Sidi Djaber, Adrar Nfad, Djebel Tamedrert ;

2° Dans la *Kabylie de Collo*, on remarque le gîte de *Msid Aicha*, formé de deux lentilles de smithsonite au milieu des calcaires de l'infracrétacé.

Le gîte de *Fedj M'Kamen*, à l'Est, comprend de la smithsonite riche avec un peu de galène et de cérusite incrustant des calcaires infracrétacés. Le contact entre ces calcaires et les marnes du crétacé supérieur est jalonné par la limonite et l'hématite ;

3° *Chaine des Bibans*. — Elle se compose de marnes et de grès ; de minces filets de smithsonite et de galène sont encaissés dans le céno-manien marno-calcaire des Portes de fer.

Le massif du *Guerbourg* se compose de gros bancs calcaires du céno-manien et du turonien. La blende et la galène à grandes facettes se montrent en rognons et en veinules dans les dolomies liasiques. La smithsonite souvent plombifère et cuprifère remplit dans ces roches des fractures diversement orientées. Son exploitation est onéreuse. Par contre, vers l'Est, dans le crétacé inférieur, la smithsonite se rencontre en rognons scoriacés colorés répartis dans les bancs marneux ; elle est d'exploitation facile.

Les amas les plus connus sont ceux de *Kef Semah*, *Ain Sedjera*, *Ain Hamra*, *Belguen-foud*, *Kef el Afsa*.

Au nord-ouest du djebel Anini (Ain Roua), la smithsonite forme une couche irrégulière entre les calcaires céno-manien et les marnes sénoniennes redressées presque jusqu'à la verticale.

4° *Hautes plaines de Sétif*. — Elles comprennent des rides montagneuses séparées par des zones planes, dépressions lacustres à l'époque pliocène. Les gîtes de plomb et de zinc sont, en général, encaissés dans les dolomies de l'aptien supérieur. Au *djebel Zdim*, le contact entre le crétacé inférieur et le crétacé moyen est souvent marqué par un filet de silice et d'hématite avec plages de smithsonite ou rognons de galène (4 000 tonnes environ de minéral de zinc 38 % en cinq ans, et 400 de minéral de plomb 65 %).

Le *Djebel Joussef* comprend deux centres d'exploitation : la mine de *Dra Sfa* et le *Djebel Gustar*.

La première comprend la smithsonite à

gangue calcaire dolomitique chargée de limonite.

Le second comprend, outre des gîtes inclus dans la dolomie de l'aptien, des calcaires marneux violets bordés de baguettes de quartz et encaissés dans les bancs sous-jacents. Le minerai se trouve soit en amas lenticulaires importants, soit disséminé dans la gangue.

Les minerais obtenus sont calcinés au four à reverbère et au four Oxland.

Le *Djebel Brao* est formé de couches de crétacé pendant vers le Sud.

La galène s'y présente en boules importantes et nombreuses.

5° *Bassin de Constantine et Ferdjona*. — Les minerais forment des couches entre le crétacé moyen et le crétacé supérieur et des veinules dans les marnes (smithsonite accompagnée de blende, calamine, galène, cérusite et mimétèse).

La gangue est une argile chargée de fer ; par place on voit la barytine, la dolomie et la fluorine.

Dans le *Djebel Ouakissène*, à Rouacher, la smithsonite incrustant les fractures des calcaires est riche, mais en faible quantité ; au contraire du minerai ferrugineux compris entre les calcaires et les marnes.

La troisième ride montagneuse de ces régions est composée de calcaires aptiens traversés de nombreuses cassures remplies de smithsonite, calamine, galène et cérusite (*Djebel Felten*, *Sidi Rouman*).

Les gisements d'*Oulad Sellem* comprennent des fractures chargées de smithsonite riche (40 %) ; la galène est aussi abondante dans certaines régions, la cérusite est rare.

Les gisements du *Djebel Guendou* comprennent des cassures où on a reconnu deux colonnes obliques riches, formées de galène pure et smithsonite à 45 %.

6° *Bassin de Guelma*. — Il comprend des marnes du sénonien et de l'éocène inférieur qui occupent les flancs des dépressions comblées par les dépôts oligocènes.

Les cassures du *Bou Zitoun* et d'*Héliopolis* sont remplies de quartz, barytine et calcite, dans des calcaires siliceux contenant la smithsonite, la galène, la cérusite, la stibine et du cinabre. Le substratum des assises paraît être le trias.

Le gîte de *Hammam N'bail* est compris entre des argiles rouges (toit) et des calcaires traversés de quartz (mur). Les parties hautes sont formées de smithsonite ferrugineuse à haute teneur en plomb et antimoine.

Ain Sefra comprend des lentilles de smithsonite pénétrée de quartz et ferrugineuse, encaissée dans des calcaires liasiques.

La région du *Castellum* et d'*Ain Achour* contient une assez grande épaisseur de mélange de cérusite et de mimétèse (produit atteignant 40 % Pb).

7° *Chaîne du Hodna*. — Le *Djebel Maadid*, peu accessible, est sillonné de fractures remplies de limonite contenant de la smithsonite, dans le calcaire turonien formant la ligne de crête.

Dans la région du massif des *Ouled Tebben*, la smithsonite est particulièrement abondante (*Ain Rafa*, *Teniet Mezzar*).

Le *Bou Thaleb* présente des marnes du trias recouvertes de puissantes couches calcaires et marneuses terminées par l'albien, le cénomani et le sénonien.

Les gîtes de plomb et de zinc sont encaissés dans les calcaires du lias moyen et dans l'aptien. Le *Djebel Soubella* comprend des gîtes à masses adventives irrégulières. La calamine seule se montre aux affleurements, formant ce qu'on appelle des filons ; la smithsonite se trouve dans les épanchements des épontes. Accessoirement, on rencontre la zinconite et la willemite.

Abiane est le centre d'exploitation de cette région (4 000 tonnes par an environ).

A Kherget Youssef, l'aptien est représenté par des bancs calcaires alternant avec des marnes contenant sept couches zincifères sur une distance inférieure à 700 mètres.

Le massif d'*Alfoural* comprend des filets de smithsonite, blende et galène dans les calcaires jurassiques du *Djebel Talrhement*, arête entourée d'assises infra-crétacées. Le gîte, du côté de l'Est, est étendu, à faible distance du sol et peut être exploité à ciel ouvert ; la teneur est peu élevée (production actuelle 450 tonnes de minerai à 40 % Zn après calcination).

8° *Monts de Batna*. — Ce massif comprend deux chaînes parallèles (infra-crétacé à l'Ouest, trias et jurassique à l'Est). Dans le *Djebel Messaouda* les dolomies aptiennes sont irrégulièrement transformées en smithsonite.

Le chaînon ouest se compose de l'*Oued Merrouana*, comprenant des stratifications régulières de minerai (10 cm à 1 mètre) dans un complexe de bancs calcaires reposant sur des marnes à orbitolines, et le *Chellala* comprenant des lentilles de minerai au milieu de marnes et de grès encaissés dans des calcaires dolomitiques massifs du néocomien. Le minerai y forme des colonnes inclinées vers l'Est, et des remplissages de fractures importantes. Le minerai principal est la smithsonite, se concentrant au contact de l'argile du toit, et mêlée d'un peu de blende et de galène argentifère.

Dans la chaîne de l'est, un seul groupe paraît exploré avantageusement, à *Hadjar Uekouch*, où se trouvent des couches de 30 cm. à 2 mètres de smithsonite en colonnes, contenant un peu de cérusite et de cuivre gris.

9° Dans la région des *chotts constantinois*, ont été signalés, dans les massifs montagneux, des gîtes de cuivre gris, azurite, malachite et smithsonite, encaissés dans les calcaires à récifs de l'aptien.

A l'Ouest, à *Tiou Knine*, plusieurs couches de calcaire aptien sont séparées par des bancs marneux partiellement transformés en smithsonite.

Au *Djebel Forer*, de très nombreux gisements, mais de faible importance, remplissent des cassures, et des calcaires dolomitiques de l'aptien partiellement transformés en smithsonite au voisinage des diaclases limitées aux marnes de la base de l'étage.

Le *Djebel Mogref*, à l'Est, comprend une masse continue assez notable. Le minerai est pauvre mais s'y enrichit en profondeur.

A l'est de la chaîne sont les exploitations du *Djendli* et les régions de *Coudiat Slouguet* et d'*Oued Chemora* ; le minerai y est très dispersé ; par place on rencontre de faibles quantités de cuivre gris et de cinabre.

10° *Sellaouta et Medjerda*. — Le jurassique n'y constitue que quelques îlots ; le trias gypso-salin est le terrain le plus ancien qui y figure.

A *Ain Arko*, on trouve la smithsonite et l'hydrozincite se concentrant en quelques amas lenticulaires ou en couches de faible épaisseur (bandes atteignant 5 mètres et 20 mètres). Le gîte est encaissé dans un calcaire compact jurassique formant des mamelons au milieu d'alluvions pliocènes et pléistocènes.

Le *Zaoua* est constitué par le sénonien et le suessonien inférieur. On y rencontre la blende, la smithsonite, la calamine et l'hydrozincite. Les gangues sont les argiles et le calcaire non transformé. Le *Kef et Bayada* comprend des veinules de smithsonite encaissées dans des calcaires du sénonien.

Le *Djebel Onasta* est formé de bancs calcaires du crétacé moyen et supérieur. La minéralisation se manifeste surtout le long de fractures presque normales à la direction des bancs. La smithsonite exploitée est entourée d'une gangue ferrugineuse (7 600 tonnes calcinées, à 45 % environ).

11° *Aurès*. — Dans le massif du *Chelia*, les gîtes d'*Ain bou Hammède* comprennent de nombreuses veines de smithsonite riche avec un peu de galène traversant les calcaires dolomitiques de l'aptien.

12° *Ain Beida et Tébessa*. — Le plomb, le zinc et le cuivre se rencontrent dans presque tous les affleurements aptiens de la région.

Le *Djebel M Keriga* comprend des fractures de calcaires intra-crétacés, remplies de calcite et de sidérose renfermant de la smithsonite, de la calamine, de la galène et de la cérusite ; les minerais de zinc sont d'une très faible teneur (1).

F. R.

STATISTIQUES

Le Commerce de la France en 1910.

M. Alfred Picard vient d'adresser au ministre du Commerce un rapport sur le mouvement du commerce extérieur de la France 1910.

L'année 1910 semble excellente pour le commerce français, puisqu'elle a porté la valeur de nos échanges internationaux à 13 407 millions de fr. chiffre dépassant de 1 443 millions celui de 1909. Mais, fait observer M. Alfred Picard, on ne doit point toutefois s'en féliciter outre mesure. L'augmentation se répartit, en effet, fort inégalement entre les entrées et les sorties : 927 millions pour les premières et 516 pour les dernières.

« Sans sacrifier à la vieille doctrine de la balance du commerce, il est impossible surtout de ne point constater que la différence tient à un déficit considérable dans la production de notre sol, déficit auquel nous avons été obligés de pourvoir par des achats à l'étranger. »

Une suite de circonstances climatiques exceptionnellement défavorables a infligé aux cultivateurs français les plus cruelles déceptions : pour ne citer que quelques exemples, la comparaison des deux années 1909 et 1910 fait ressortir une diminution de 27 % sur la récolte du blé, de 48 % sur celle du vin, de 23 % sur la fabrication du sucre, de 50 % sur le rendement des magnaneries.

A la vérité, abstraction faite des objets d'alimentation, l'accroissement de notre commerce extérieur spécial atteint encore 948 millions, dont 467 à l'importation et 481 à l'exportation. Certaines industries, comme la filature de la laine peignée et le tissage de la soie, ont joui d'une réelle prospérité. Mais le préjudice que nous a causé l'insuffisance de nos récoltes n'en subsiste pas moins.

Le rapprochement de la valeur moyenne du commerce extérieur des principaux pays pendant la période triennale 1888-1890 et de la valeur correspondante pendant la période 1908-1910 accuse les augmentations proportionnelles suivantes, réalisées dans un intervalle de vingt ans :

Canada	208 %
Japon	201
Egypte	157
Republique Argentine	154
Belgique	125
Italie	124
Pays-Bas	118
Allemagne	116
Chine	115
Etats-Unis	105
Danemark	99
Suisse	74
Suede	72
Chili	66
Autriche-Hongrie	59
Angleterre	54
France	53
Norvège	47
Indes anglaises	26
Russie	18
Espagne	15

(1) Extrait de l'étude des gisements métallifères d'Algérie (*Annales des mines*, XVII).

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES DES OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS

Charpente (Traité pratique de), par E. BARBEROT, architecte. — 1 vol. gr. in-8° de 612 pages avec 1369 figures dans le texte, relié toile, 25 fr. (Bérenger, édit. Paris, 1911.)

Ce traité constitue l'ouvrage à la fois le plus pratique et le plus complet sur la charpenterie. L'auteur envisage successivement : assemblages, poteaux, pans, linteaux, portails, poutres, combles, étalements, échafaudages, appareils de levage, cintres, passerelles, ponts, escaliers.

Il traite ensuite des bois de charpente, de leur résistance et termine par un chapitre de renseignements généraux et de documents techniques d'une grande utilité. Ce volume complète l'excellent traité du même auteur sur la menuiserie qui a été publié récemment. Conçu dans le même esprit pratique, il constitue le type des manuels professionnels complets à l'usage des praticiens. — J. B.

Chemins de fer (Le Matériel des) à l'Exposition universelle et internationale de Bruxelles de 1910 (Publications de *La Technique Moderne*), par J.-B. FLAMME, ingénieur honoraire des mines. — 1 vol. gr. in-4°, de 112 pages, avec 161 figures et planches, 12 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1911.)

M. Flamme a voulu présenter une étude générale contenant l'analyse de toutes les nouvelles applications réalisées dans l'industrie des transports par voies ferrées.

L'auteur y décrit les principaux types de locomotives récemment mis en service sur les différents réseaux, avec tous les perfectionnements suggérés par des recherches théoriques ou sanctionnés par l'expérience; il fait connaître notamment ces puissantes machines construites pour les chemins de fer de l'Etat Belge, non usitées encore, mais nécessitées par l'intensité du trafic et les difficultés d'exploitation; il montre les efforts constants faits par les exploitants et les constructeurs.

Cet ouvrage, illustré de nombreuses gravures, plans et schémas, représente un tableau complet du matériel exposé à Bruxelles en 1910, tableau qui constitue en quelque sorte l'état actuel de la technique des chemins de fer. — F. D.

Electrochimie et électrometallurgie, par H. VIGNERON, ingénieur. — 1 vol. in-8° de 280 pages, avec 81 figures, broché, 5 fr. (Geisler, éditeur. Paris, 1911.)

Cet ouvrage, rédigé dans un sens pratique, renferme les principales questions relatives à l'électrolyse et à ses applications. On y trouve traitées avec clarté les questions suivantes : étude théorique des phénomènes de l'électrolyse, l'industrie du chlore et des alcalis caustiques, des hypochlorites et chlorates, l'électrometallurgie du cuivre, du zinc, de l'or, de l'argent, l'électrosidérurgie et la préparation des métaux au four électrique. Les procédés récents sur l'acide azotique synthétique y sont également présentés en tenant compte des plus récents travaux. — R. B.

Le ferro-magnétisme. Applications industrielles, par R. JOUAUST, chef de travaux au Laboratoire central d'électricité. — 1 vol. in-18 Jésus, cartonné toile, de 420 pages, avec 55 figures, 5 fr. (O. Doin et fils, éditeurs. Paris, 1911.)

Dans cet ouvrage, l'auteur a cherché à rassem-

bler les divers documents relatifs aux matériaux magnétiques et à mettre en évidence les principaux résultats auxquels leur étude a conduit. La première partie passe en revue les phénomènes du ferro-magnétisme et le rôle qu'ils jouent dans le fonctionnement des machines; la seconde, examine les divers procédés de fabrication employés pour obtenir des aciers répondant aux desiderata des électriciens, pour la construction de leurs machines, pour la réalisation des aimants permanents, etc. — J. B.

Le froid industriel et ses applications. — 1 vol. in-8° de 122 pages, 2 fr. 75. — Bibliothèque de *Mois scientifique et industriel*. Paris, 1911.

Cette monographie sur les applications industrielles du froid est envisagée au point de vue pratique. On y trouve présentées, avec documents bibliographiques à l'appui, les principales questions qui intéressent les industries les plus diverses : abattoirs, produits chimiques, brasserie, chocolaterie, denrées alimentaires, aciéries, mines, travaux publics, teinturerie, stéarinerie, œnologie, etc., etc.

C'est un excellent résumé de l'état actuel de la question du froid industriel. — L. L.

La locomotive moderne, par J. TRIBOT-LASSPIÈRE, ingénieur civil des mines. — 1 vol. gr. in-18 Jésus de 191 pages avec figures et 16 photographies hors texte, 3 fr. 50. (Vuibert, éditeur. Paris, 1911.)

Dans un élégant volume, l'auteur a su présenter au grand public l'anatomie et la physiologie de la machine-locomotive à vapeur. Avec une simplicité qui n'exclut pas la précision, il décrit successivement la chaudière et son fonctionnement, les cylindres et le système compound, les roues et la suspension, le tender et les freins. Il n'omet ni les essais, ni la conduite de la locomotion et termine par quelques aperçus sur les nécessités imposées par les machines rapides, notamment dans l'établissement des voies, des atelages, etc.

Mathématiques générales (Cours de) à l'usage des physiciens et des ingénieurs, par H. BOUASSE, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse. — 1 vol. in-8° de 648 pages avec figures; broché, 20 fr. (Delagrave, éditeur. Paris, 1911.)

Il est impossible de suivre avec profit un cours supérieur de mécanique et de physique sans bien posséder le maniement des mathématiques, ou tout au moins de certaines parties des sciences mathématiques. Le savant professeur de l'Université de Toulouse a pieusement rassemblé en un volume tout ce qu'il est indispensable de connaître pour les physiciens et les ingénieurs : calcul différentiel, fonctions algébriques, fonctions circulaires, éléments de trigonométrie plane et sphérique. Développées et développantes, cycloïdes, épicycloïdes, sections coniques, généralités sur les courbes, fonctions définies par leurs dérivées, fonctions logarithmique et exponentielle, développements en série, équations différentielles, intégrales, étude des surfaces, équations aux dérivées partielles, etc.

C'est un ouvrage excellent, qui permettra à tout bachelier d'acquiescer les connaissances de mathématiques indispensables pour lire avec profit les travaux relatifs à la physique, à la mécanique, en un mot à l'art de l'ingénieur. — V. B.

Mesures (Guide pratique de) et essais industriels. Tome III : Mesures électriques industrielles. Instruments et méthodes de mesure, par J.-A. MONTPELLIER, rédacteur en chef de *L'Electricien*, et M. ALIAMET, inspecteur des services électriques à la Compagnie du Nord. — 1 vol. in-8° de 468 pages, avec 328 figures. Broché, 18 fr.; cartonné, 19 fr. 50. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1911.)

Dans ce nouvel ouvrage pratique, MM. Montpellier et Aliamet se sont surtout préoccupés de donner à tous ceux qui, à un titre quelconque, ont à utiliser des courants électriques, le moyen pratique de choisir et d'employer les instruments de mesure qui conviennent le mieux aux applications qui les intéressent afin d'assurer le fonctionnement normal des installations qu'ils ont à diriger ou à vérifier. Ils ont pleinement atteint le but qu'ils se proposaient. — R. J.

Problèmes (Recueil de) avec solutions sur l'électricité et ses applications pratiques, par H. VIEWEGE, professeur à l'Institut d'électrotechnique de Mittweida (Saxe), traduit de l'allemand par G. CAPART, ingénieur civil des Mines. 2^e édition, revue et augmentée. — 1 vol. in-8° de viii-496 pages, avec 174 figures et 2 planches, broché, 9 fr.; cartonné, 10 fr. 50. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1911.)

L'auteur, dans une série remarquable de problèmes — en passant du simple au concret, — a su mettre à la portée de tout le monde ce complément naturel de tous les excellents ouvrages d'électricité parus en ces dernières années, dont il fallait déplorer l'absence. — J. M.

La Publicité suggestive, par O.-J. GÉRIN, professeur à l'Institut commercial de Paris, et C. ESPINADEL, diplômé de l'Ecole des Hautes-Etudes commerciales. — 1 vol. in-8° de xxiv-446 pages, avec 174 figures et 2 planches, broché, 15 fr.; cartonné, 16 fr. 50. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1911.)

Au début, l'auteur expose les bases de la publicité.

Ensuite, il étudie successivement : l'annonce, l'affiche, le M. O. B., la brochure, la presse quotidienne et périodique, avec des développements pratiques d'un réel intérêt. Les grands problèmes de la réclame sont abordés et solutionnés.

Cet ouvrage essentiellement pratique, inspiré des méthodes américaines abondamment documenté, copieusement illustré, sera utilement consulté par les commerçants et les industriels, qui y trouveront plus d'une idée neuve et féconde. — G. F.

Annuaire des Ingénieurs de France. — 1 vol. gr. in-8° de 605 pages, 5 fr. (J. Loubat, éditeur. Paris, 1911.)

La nouvelle édition de cet Annuaire mise à jour donne les noms et adresses de tous les ingénieurs de France. C'est un document utile à tous les ingénieurs et industriels. — L. R.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHUUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

La Technique Moderne

AVIATION

LES AÉROPLANES AU SALON DE 1911

Les brillants exploits accomplis par les aviateurs durant l'année 1911 donnent au Salon de la Locomotion aérienne un intérêt primordial. On y verra, en effet, tous les appareils qui, dirigés par les Beaumont, les Védérines, ont accompli ces merveilleuses randonnées qui s'appellent Paris-Madrid, Paris-Rome, le Circuit Européen, le Circuit d'Angleterre ; on pourra admirer les poids lourds qui viennent de subir les dures épreuves du Concours militaire de Reims. Aussi est-il nécessaire de présenter, aux lecteurs de *La Technique Moderne*, une étude d'ensemble leur montrant l'état actuel de la construction des aéroplanes.

§ 1. — MATÉRIAUX.

Les matériaux employés dans la construction des aéroplanes sont :

- a) La toile ;
- b) Le bois ;
- c) Le fer et ses alliages ;
- d) L'aluminium.

La toile est utilisée pour la construction de la surface des ailes, des gouvernails, des empennages, ainsi que des parois du fuselage ou de l'esquif. Ce produit demande à être soigneusement tissé ; le nombre de fils par centimètre doit être aussi constant que possible dans la chaîne et dans la trame, afin que l'effort soit également réparti.

Le tissu de recouvrement des ailes doit être imperméable. Sa tension ne doit pas être modifiée par les variations de la température ou de l'état hygrométrique de l'air. Une telle étoffe doit résister à l'action des projections d'huile et d'essence ; son usage doit être assez prolongé pour ne pas être onéreux.

Divers sortes de tissus ont été proposées. L. Bréguet a employé de la toile enduite d'huile de lin résinifiée. D'autres préfèrent le tissu simple ou double caoutchouté (1).

(1) Caractéristiques de tissus pour aéroplanes (firme Clouth, de Cologne) :

a) Tissu de coton verni (environ 83 cm de largeur).
Résistance à la rupture en chaîne : environ 1 220 kg par mètre linéaire.

En trame : environ 1 340 kg par mètre linéaire.

Poids au mètre carré : environ 155 g.

b) Tissu de coton, teint en jaune, une face caoutchoutée (environ 106 cm de largeur).

Résistance à la rupture en chaîne : environ 1 000 kg par mètre linéaire.

En trame : environ 1 000 kg par mètre linéaire.

Poids au mètre carré : environ 145-150 g.

c) Double tissu de coton en fil biais, avec une couche de caoutchouc

Mais la plupart des constructeurs reprochent au tissu huilé de perdre de sa résistance à la rupture, et au tissu caoutchouté de se transformer sous l'action de l'air et de la lumière et de ne pas résister aux projections d'huile et d'essence. Aussi préfère-t-on actuellement enduire les tissus avec une préparation spéciale, dénommée *Emaillite*, qui est fabriquée par MM. Leduc, Heitz et C^{ie} à Raizeux (Seine-et-Oise). Un tissu recouvert de ce vernis semble répondre aux conditions d'imperméabilité, de tension constante, de résistance aux intempéries que nous avons signalées plus haut ; en outre, la résistance à la rupture d'une percale vernie à l'émaillite est plus grande que celle d'une percale huilée ou caoutchoutée et se conserve avec le temps (1).

à l'intérieur, une face teinte en jaune (environ 106 cm de largeur).
Résistance à la rupture en chaîne : environ 550 kg par mètre linéaire.

En trame : environ 600 kg par mètre linéaire.

Poids au mètre carré : environ 160 g.

d) Tissu de coton blanc, les deux faces caoutchoutées (environ 84-85 cm de largeur).

Résistance à la rupture en chaîne : environ 1 100 kg par mètre linéaire.

En trame : environ 1 000 kg par mètre linéaire.

Poids au mètre carré : environ 185 g.

(1) Résultats d'expériences faites au Conservatoire des Arts et Métiers. (Essai fait à 20° C.)

DÉSIGNATION du tissu	SENS du prélèvement	LARGEUR des bandes entre fils parallèles	DISTANCE des mâchoires et longueur de mesure de l'allongement	CHARGE de rupture	CHARGE de rupture au mètre linéaire
		mm	mm	kg	kg
Echantillon non verni.	chaîne	50	100	35,5	710
	trame	50	100	43,5	870
Echantillon verni.	chaîne	50	100	52,5	1 050
	trame	50	100	66,5	1 330

Voici d'autres résultats qui ont été fournis par les fabricants de l'émaillite :

RÉSISTANCE à la rupture pour une bande de 1 mètre de largeur	PERCALE ordinaire	MÊME PERCALE vernie à l'émaillite	MÊME PERCALE huilée	MÊME PERCALE caoutchoutée
	kg	kg	kg	kg
En chaîne . . .	904	1 107	840	904
En trame . . .	846	1 150	786	846
Poids au mètre carré	0,121	0,153	0,185	0,181

Mode d'emploi. — On enduit la toile, déjà tendue sur l'aéroplane, d'une couche de 175 à 200 cm³ d'Emaillite n° 2 par mètre carré, qui

D'après A. Bracke⁽¹⁾, on a proposé d'employer, au lieu de coton, soie ou percale, des toiles métalliques rendues étanches à l'aide d'un vernis spécial. C'est ainsi qu'on a préconisé un tissu en fils d'aluminium de 0^{mm},18 de diamètre, pesant environ de 460 à 1 200 g par mètre carré suivant la trame; vernie à l'huile de lin contenant un siccatif, la toile devient imperméable. On peut aussi obtenir un tissu fin en bronze phosphoreux pesant 1.200 g au mètre carré. On possède également de la toile de fer pesant 900 g au mètre carré.

On pourrait aussi utiliser la fibre vulcanisée, qui résiste bien aux intempéries et se laisse travailler facilement. Mais nous n'avons pas de données sur la résistance à la rupture de toutes ces toiles.

Les principales *essences de bois* employées dans la construction des aéroplanes sont le *frêne* et le *sapin du Nord*. Le premier pèse de 750 à 800 kg au mètre cube; il est très élastique, se prête bien au cintrage, mais est moins dur que le chêne; il se pique assez facilement. On emploie dans certains patins l'*hickory*. Les frères Wright utilisent surtout le *spruce*, ou sapin d'Amérique très homogène et très élastique.

Le *fer et l'acier* sont employés sous forme de tendeurs (fil unique, câble serré, ruban); de tube mince comme celui des cadres de bicyclette. L. Clément a cherché à substituer l'acier au bois dans toute la charpente de son biplan; Voisin, L. Bréguet, R. E. P. utilisent les tubes d'acier soit comme montants entre les voilures, soit comme longerons ou vergues dans la structure des ailes, soit comme armature du fuselage. Outre sa forte densité, l'acier présente l'inconvénient, lorsqu'il est sous forme de tubes, de résister mal à la compression; il *flambe* assez aisément; les vibrations modifient rapidement sa constitution et le rendent cassant.

Outre le fer et l'acier, on emploie aussi souvent l'*aluminium* sous forme de feuilles ou de petites pièces d'assemblage. Mais il importe de limiter le plus possible son utilisation; sauf dans quelques alliages très soignés, il est trop mou ou trop fragile.

§ 2. — AILES OU VOILURES.

On sait qu'une *aile* ou *voilure* d'un aéroplane est constituée par une ou deux *vergues* ⁽²⁾ ou *longerons* parallèles, sur lesquels s'appuient des *fermes* ou *nervures*. Cette carcasse est recouverte, sur ses deux faces, de toile fortement tendue.

Les vergues sont le plus souvent en frêne; elles ont une section en Γ , autant que possible sans trous ni mortaises. Sur ces vergues sont montées les nervures, en bois assemblé, de section $\square$ pour les principales, de section Γ pour les autres. De telles vergues exigent, pour ne pas se déformer trop rapidement, du frêne de 4 à 6 m de longueur, sans nœuds, sans défauts, bien droit fil et bien sec, du prix de 175 à 220 fr le mètre cube.

On a proposé de construire les vergues au moyen de planches collées, comme on a fait pour les hélices. On peut coller plusieurs planches droit fil en alternant les joints; ou mettre trois planches, une ayant le fil du bois suivant l'axe de la vergue et les deux autres ayant leurs fils en biais et croisés ⁽³⁾. Mais

sèche en cinq à dix minutes environ; puis on recouvre cette première couche d'une deuxième couche égale, c'est-à-dire de 175 à 200 cm³ d'Emailite n° 2 par mètre carré. Après séchage de cette deuxième couche, on la recouvre d'une troisième couche en employant l'Emailite n° 3 et on n'en usera que 100 à 150 cm³ par mètre carré. On aura toujours soin de suivre, avec la brosse ou le pinceau, la direction des fils du tissu et on évitera d'aller en biais.

(1) A. BRACKÉ : *Matériaux de construction d'aéroplanes*. Paris, 1909.

(2) Nous adoptons ce terme proposé par le capitaine J. RAUBAUD, *Technique de l'Aéroplane*, p. 9.

(3) P. JAMES : Notes sur les aéroplanes. *L'Aérophile*, 19^e année, n° 17, 1^{er} septembre 1911.

un tel procédé est coûteux et rend les réparations difficiles.

Aussi un grand nombre de constructeurs (L. Bréguet, Paulhan) emploient-ils comme vergues des tubes d'acier. Il en résulte des avantages de simplicité de construction et d'économie de fonds et de main-d'œuvre. Afin d'éviter de trop longs tubes, on fait ces vergues en plusieurs parties; pour réunir

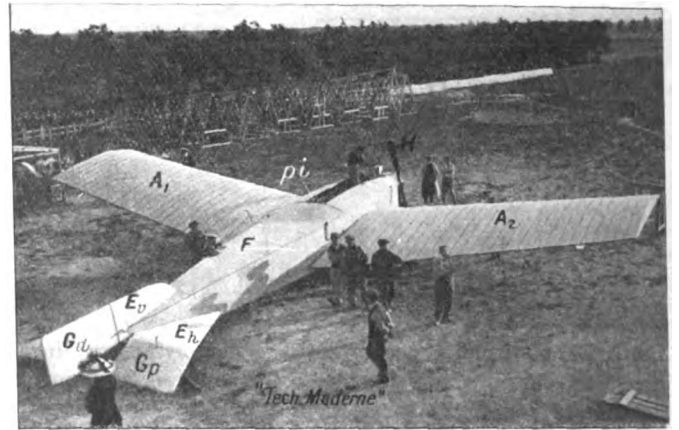


FIG. 1. — L'Antoinette (Concours militaire de Reims). — A₁, A₂, ailes; E₁, empennage vertical; E₂, empennage horizontal; G_d, gouvernail de direction; G_p, gouvernail de profondeur; H, hélice; pi, cockpit dans lequel se trouvent le moteur, le pilote et les passagers.

CARACTÉRISTIQUES. — A trois places : surface portante, 56 m²; envergure, 15^m,50; profil, face d'attaque plane, face dorsale très tombée avec bords d'entrée et de sortie minces, épaisseur au milieu = 700 mm à l'encastrement et 250 mm à l'extrémité libre : voilures en V accentué; empennage horizontal, en forme de queue d'hirondelle terminée par deux gouvernails de profondeur quadrangulaires; fuselage, de section quadrangulaire et terminé par une étrave de bateau, complètement entoilé : absence totale de haubannage extérieur.

celles-ci, il est bon de ne pas avoir recours à des goupilles, à la soudure autogène ou à la brasure; on peut employer, comme

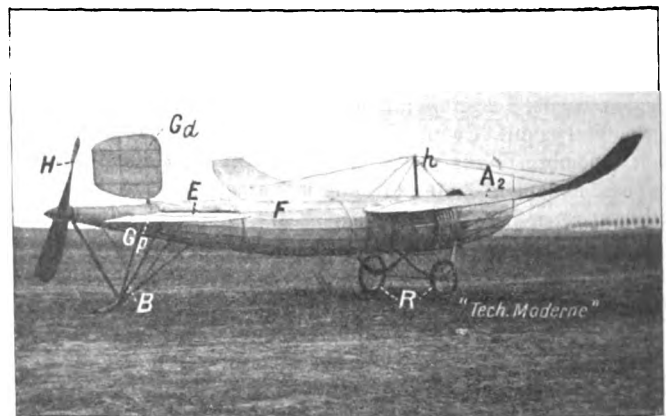


FIG. 2. — Aéro-torpille Tatin-Paulhan. — A₁, aile; B, béquille arrière; E, empennage fixe d'arrière; F, fuselage; G_d, gouvernail de direction; G_p, gouvernail de profondeur; H, hélice; R, roues du châssis d'atterrissage; h, mâtériau supérieur d'attache des haubans.

CARACTÉRISTIQUES. — A une place : surface de voilure, 12^m,5; envergure, 8^m,60; profil, ailes presque plates recourbées sur les bords, épaisseur maximum, 10 cm.; ailes sans dièdre; longueur de l'appareil, 8^m,60; fuselage, section transversale circulaire, parties avant et arrière effilées; liaison des ailes au fuselage, ailes fixées au fuselage à peu près au deuxième quart de la longueur à partir de l'avant, haubannage supérieur s'attache à un mâtériau unique, haubannage inférieur s'attache directement sur le fuselage; châssis d'atterrissage, deux arcs en bois s'étendent dans le sens de l'axe longitudinal de l'appareil et fixés au fuselage par leur partie avant; sur ces arcs sont montées les roues; les extrémités postérieures sont réunies par une barre de bois qui est liée à une partie fixée au fuselage par des exercices absorbant les chocs; organes de contrôle, levier de commande du gauchissement et de l'équilibre; direction au pied.

chez Paulhan, un raccord par un filetage à pas contraire sert dans les tubes et arrêté par l'écrou lui-même.

Vue en plan, l'aile est sensiblement rectangulaire dans les biplans et dans le monoplan *Train*; cependant, dans les machines à voler *Paulhan*, le côté arrière opposé au bord d'attaque est constitué par une série d'ondulations. Dans les monoplans, la projection horizontale affecte diverses formes : trapézoïdale, dans l'*Antoinette*, le R.E.P., le *Nieuport*, le *Deperdussin*, elle est rectangulaire avec un arrondi dissymétrique dans le *Blériot* et le *Morane*; dans l'aéro-torpille *Tatin-Paulhan*, cette projection est elliptique; dans le monoplan *Etrich*, la projection horizontale affecte à peu près la forme de l'aile du pigeon quand il plane.

L'envergure maximum est généralement comprise entre cinq et huit fois la profondeur de l'aile dans le sens du mouvement; cependant, on est allé jusqu'à dix fois dans les voilures des appareils du Concours militaire de Reims⁽¹⁾. Il ne semble pas qu'un rapport aussi élevé soit favorable au point de vue de la grandeur du rapport de la sustentation à la résistance à l'avancement; M. Eiffel préconise de ne pas dépasser le nombre six pour le rapport de l'envergure à la profondeur.

Dans un grand nombre de biplans (L. Bréguet, Henri Farman),



Fig. 3. — Triplan *Paulhan* (Concours militaire de Reims). — H, hélice; V₁, V₂, V₃, voilures; a₁, a₂, a₃, a'₁, a'₂, a'₃, ailerons; e, esquis; p₁, p₂, patins d'atterrissage; r₁, r₂, trains de roues reliés élastiquement aux patins; r'₁, r'₂, trains de petites roues à l'extrémité des patins.

CARACTÉRISTIQUES. — A trois places : envergure, 13 m; largeur de voilures, 1^m,80; distance des voilures, 1^m,50; ossature, par voilure deux vergues métalliques sur lesquelles s'appuient des pennes souples en sapin, ces pennes passant dans des fourreaux parallèles à la marche avant; longueur de l'appareil, 10 m; poids à vide, 650 kg; poids en ordre de marche, 1 100 kg; esquis, en forme de sabot (aluminium); châssis d'atterrissage, roues et patins reliés élastiquement avec leviers démultiplificateurs maintenus abaissés par des sandows; gouvernail de direction, à l'arrière en deux surfaces, chaque surface est formée de lattes articulées sur des ferrures et enfilées dans une toile à goussets; organes de contrôle, levier suspendu à la cardan, commande par une bielle l'équilibreur avant et par des câbles doublés les ailerons, direction au pied.

la voilure inférieure a une envergure moindre que la voilure supérieure. On a adopté généralement ce dispositif, afin d'éviter de briser l'aile inférieure lors des atterrissages.

Le profil de l'aile (section par un plan normal à l'envergure) est assez variable suivant les appareils. Le dos et la face d'attaque ne sont pas parallèles. La courbure du dos est généralement plus accentuée que celle de la face. Pour cette dernière, le profil présente, par rapport à sa corde, une flèche de $\frac{1}{12}$ à $\frac{1}{15}$ de la profondeur, et située vers le $\frac{1}{3}$ de la profondeur, à partir du bord d'attaque. Les courbes des deux profils, concaves vers le bas,

(1) Les envergures des monoplans n'ont pas dépassé 16 m et sont plutôt restées au voisinage de 12 à 13 m; les envergures des biplans ont atteint 20 m, mais sont restées en majorité au voisinage de 15 m.

se rejoignent presque tangentiellement à l'arrière, et se raccordent par un arrondi plus ou moins épais vers l'avant ou bord d'attaque. Celui-ci est habillé par L. Bréguet de tôle d'aluminium, afin de faciliter la pénétration dans l'air.

Certaines ailes sont très épaisses; d'autres ont une épaisseur très faible. Les ailes de l'*Antoinette* du Concours militaire de

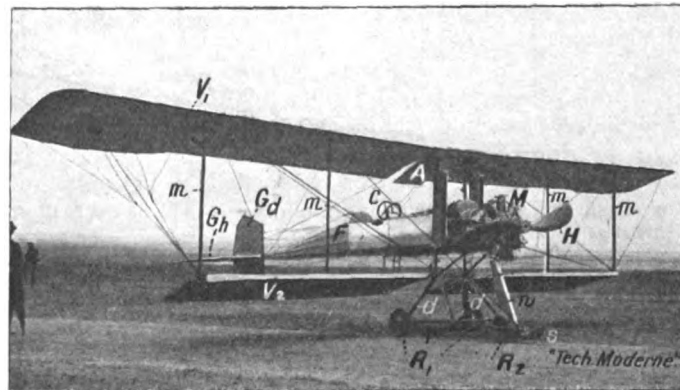


Fig. 4. — Double monoplan *Bréguet* (Concours militaire de Reims). — A, aileron complétant la voilure supérieure entre les montants centraux; G, volants de commande; F, fuselage; Gd, gouvernail de profondeur; Gd, gouvernail de direction; H, hélice; M, moteur; R₁, R₂, roues d'atterrissage arrière; R₃, roue d'atterrissage avant; V₁, voilure supérieure; V₂, voilure inférieure d'envergure moindre; d, freins oléopneumatiques du châssis d'atterrissage; m, montants reliant les deux voilures; n, gouvernail de direction conjugué avec le gouvernail Gd (direction de l'aéroplane à terre comme une automobile); p, patin arrière du châssis d'atterrissage; s, sabot avant du châssis d'atterrissage.

Reims sont très épaisses (700 mm à l'encastrement; 250 mm à l'extrémité libre); la face ventrale est plate, la face dorsale est très bombée, les bords d'entrée et de sortie sont minces (fig. 1). L'aile de l'Aéro-torpille *Tatin-Paulhan* est mince, 100 mm au maximum (fig. 2).

L'étude des divers profils des ailes a été faite sur des modèles par M. Eiffel au moyen de la méthode du ventilateur qui a été

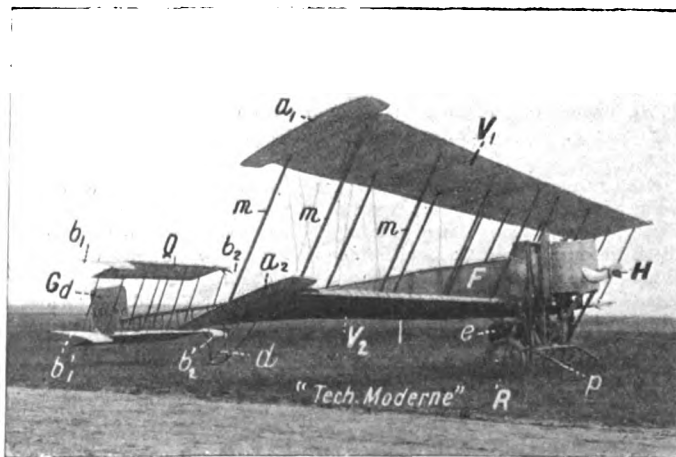


Fig. 5. — Biplan *Goupy* (Concours militaire de Reims). Voilures décalées. — Gd, gouvernail de direction; H, hélice; F, fuselage; Q, queue biplane; R, roue d'atterrissage; V₁, V₂, voilures sustentatrices; a₁, a₂, ailerons à l'une des extrémités des voilures principales; b₁, b'₁, b₂, b'₂, ailerons bordant les voilures de la queue (leur mouvement est conjugué avec celui des ailerons d'avant); d, béquille sous la queue; e, réservoir à essence; m, montants reliant les deux voilures; p, patin d'atterrissage.

CARACTÉRISTIQUES. — Triplace; surface portante, 56 m²; envergure, 14^m,20; poids à vide, 500 kg; poids en ordre de marche avec 300 kg de charge utile, 980 kg; empennage horizontal, queue biplane à plans décalés, voilures bordées à droite et à gauche par des ailerons; stabilisation latérale propre, quatre ailerons bordant les voilures principales; fuselage de monoplan à section quadrangulaire.

décrite dans *La Technique Moderne* (1). Nous avons également indiqué les déterminations qui ont été faites sur des ailes de divers types, en prenant comme exemple l'aile Wright (2). Cette méthode expérimentale est la seule qui permette de se rendre compte, d'une manière certaine, des qualités d'un profil d'ailes : elle a conduit M. Eiffel à diverses constatations intéressantes que nous avons d'ailleurs signalées.

L'une des plus importantes, au point de vue pratique, est celle qui consiste à fixer avec soin la toile sur le dos de l'aile, afin d'empêcher cette toile de se déchirer sous l'effet de ventouse produit par les dépressions durant le vol.

A propos du mode de fixation de la toile, une remarque s'impose depuis de récents accidents. Si la toile est collée en certains points, ce collage doit être fait avec de la colle à dissolution de caoutchouc, et non avec de la colle forte de menuisier. Celle-ci, en effet, attaque le tissu et le rend friable.

La question de la flexibilité de l'aile a donné lieu à de récentes discussions souvent assez confuses et dont les conclusions n'ont pas été entièrement vérifiées dans la pratique (3). Quelques constructeurs sont opposés à une flexibilité trop grande; ils se contentent de rendre flexible l'extrémité arrière de la voilure opposée au bord d'attaque. D'autres, comme M. Bréguet, per-

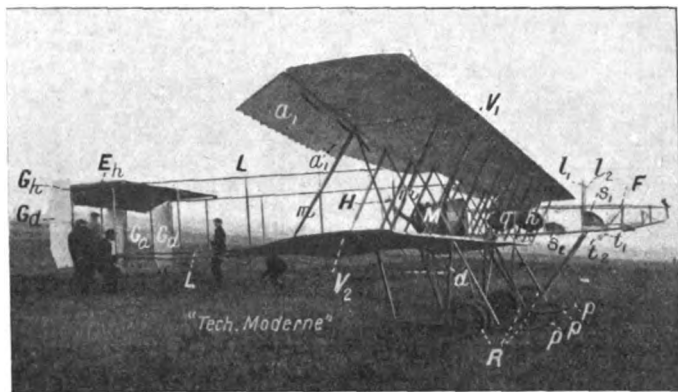


FIG. 6. — Biplan Henri Farman à voilures décalées (Concours militaire de Reims). — E_h, empennage horizontal; F, fuselage; G_d, gouvernail de direction; G_h, gouvernail de profondeur; H, hélice; L, longerons de la poutre reliant la cellule portante à la queue; R, trois trains de roues du châssis d'atterrissage; S₁, siège du pilote; S₂, sièges des passagers; V₁, voilure supérieure; V₂, voilure inférieure; a₁, aileron; d, montants soit verticaux, soit en V, qui relient les patins à la cellule principale; l₁, l₂, leviers de commande; m, montants obliques reliant les deux voilures; p, patins d'atterrissage; t₁, t₂, commandes de l'équilibreur arrière.

CARACTÉRISTIQUES. — Triplace; envergure, voilure supérieure, 16 m; voilure inférieure, 12 m; longueur de l'appareil, 9^m,90; empennage horizontal, queue monoplane prolongée par gouvernail d'altitude (pas d'équilibreur à l'avant); stabilisation latérale propre, ailerons aux extrémités de la voilure supérieure; siège et organes moto-propulseurs montés sur un châssis assemblé au plan inférieur à l'aide de brides U; châssis d'atterrissage, trois trains de roues et patins reliés par bagues en caoutchouc; gouvernail de profondeur, une voilure arrière; gouvernail de direction, trois plans verticaux arrière; organes de commande, levier à double mouvement, latéral pour les ailerons, longitudinal pour le gouvernail de profondeur, direction au pied.

mettent à l'aile entière d'osciller légèrement autour d'une vergue; dans l'aile souple de l'appareil de ce type, un fort tube d'acier traverse les nervures en frêne et constitue leur armature; les nervures sont liées au tube par des ressorts qui leur permettent d'osciller sous la poussée de l'air.

(1) L. MARCHIS : La flotte aérienne. Bibliothèque de « *La Technique Moderne* », fascicule III.

(2) L. MARCHIS : Les bases scientifiques de l'aviation. *La Technique Moderne*, mars et avril 1911, n° 3, p. 129 et n° 4, p. 201.

(3) P. RIVIÈRE : Le vol à régime variable. (*L'Aérophile*, 19^e année, n° 11, 1^{er} juin 1911.)

Le Bréguet possède également un dispositif qui permet au repos de régler l'incidence des ailes suivant la charge de l'appareil. Dans le plan de jonction du bâti du moteur et de la nacelle, sont fixés deux forts tubes verticaux, terminés à chaque extrémité par un raccord spécial dans lequel se vissent des chapes qui



FIG. 7. — Biplan Maurice Farman à plans décalés (Concours militaire de Reims). — C, commande du gouvernail de profondeur avant; E_h, empennage horizontal à deux plans décalés; G_d, gouvernail de direction; G_h, gouvernail de profondeur avant; G'_h, volet mobile conjugué avec G_h; R, trains de roues reliés élastiquement aux patins d'atterrissage; V₁, V₂, voilures sustentatrices; a₁, a_{1'}, a₂, ailerons; e, esquis; sk, patins d'atterrissage recourbés à l'avant en forme de skis et supportant le gouvernail de profondeur d'avant.

CARACTÉRISTIQUES. — Triplace; surface portante, 70 m²; envergure, 20 m (voilure supérieure), 16^m,27 (voilure inférieure); profil, mince et plat; largeur de la voilure dans le sens de la marche, 2 m; distance verticale des voilures, 2 m; poids à vide, 650 kg; poids avec 300 kg de charge utile, 1 100 kg; empennage horizontal, queue fixe formée de deux panneaux, le panneau supérieur prolongé par un petit volet mobile conjugué avec le gouvernail de profondeur d'avant, 3^m,80 × 1^m,47 (largeur) [panneau supérieur] 3^m,80 × 0^m,55 (volet mobile) 3 m × 2 m [panneau inférieur]; stabilisation latérale propre, quatre ailerons conjugués; esquis, section rectangulaire, tronquée à l'arrière, entoilé sur toutes ses faces; châssis d'atterrissage, roues à pneumatiques de 700 × 100 reliées élastiquement à deux patins en forme de skis; voie, 3^m,10 entre les patins; gouvernail de profondeur, 4 m (envergure) × 0^m,80; commande, volant déplacé longitudinalement pour la stabilisation en profondeur, en rotation pour la commande des ailerons, direction au pied.

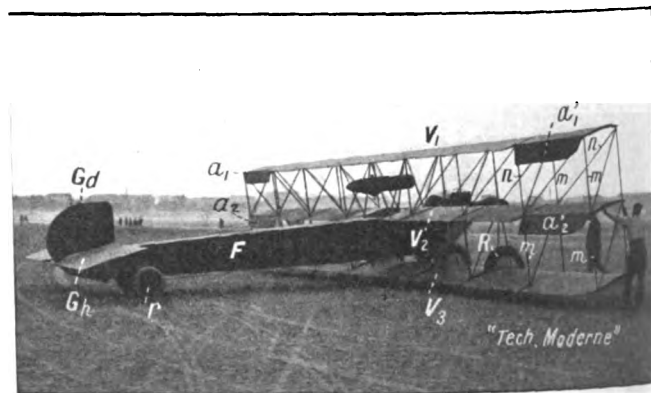


FIG. 8. — Triplan Astra (Concours militaire de Reims). — F, fuselage de monoplane; G_d, gouvernail de direction; G_h, gouvernail de profondeur; R, roues d'atterrissage; V₁, V₂, V₃, voilures; a₁, a₂, a₃, ailerons; m, montants verticaux; n, tubes d'acier formant diagonales des cellules supérieures.

CARACTÉRISTIQUES. — Triplace; surface portante, 48^m,75; envergure, 13 m; largeur des voilures, 1^m,25; poids à vide, 700 kg; poids avec 300 kg de charge utile, 1 200 kg; châssis d'atterrissage, 4 grosses roues dont l'axe coïncide sensiblement avec le bord d'attaque de la voilure inférieure, 2 roues sous l'arrière du fuselage.

portent les ailes. Chaque chape est munie d'un levier dont la position est réglée par une tige filetée à très faible pas; c'est ce levier qui permet le réglage de l'incidence au repos.

En outre, pour faciliter le transport de l'appareil sur route, les chapes qui portent les ailes leur permettent de tourner autour de deux axes perpendiculaires entre eux : l'un horizontal pour pouvoir amener les surfaces dans un plan sensiblement vertical, et l'autre vertical afin de pouvoir replier l'ensemble le long du fuselage.

Les applications militaires ont conduit L. Paulhan à imaginer un appareil dans lequel les toiles sont susceptibles d'être repliées. Pour cela, la voilure possède des coulisses dans le sens de l'envergure pour recevoir les tubes-vergues : dans le sens de l'avancement, des fourreaux sont ménagés pour recevoir de distance en distance (tous les 40 cm environ) des pennes en sapin souple formées de trois épaisseurs collées (fig. 3, p. 663). L'extrémité du bord d'attaque de chaque penne est creusée en demi-lune et armée par un dépôt électrolytique ; cette extrémité s'attelle sur le tube-vergue formant le bord d'attaque ; lorsqu'on enfonce chaque penne dans son gousset de la façon d'un doigt de gant, il suffit de pousser à la main un peu fort pour que le bec supérieur de la demi-lune s'engage derrière le tube-vergue et prenne sa position définitive. Des moullages sont placés aux extrémités des ailes ; il suffit de les tendre pour obtenir la tension que l'on désire dans toute la voilure ; comme la toile est en fil biais, en tendant la voilure dans le sens de l'envergure, on la fait diminuer de largeur ; il faut coincer fortement chaque penne à l'avant contre la vergue du bord d'attaque et à l'arrière contre le lacet qui renforce l'extrémité du doigt de gant. Les pennes des extrémités des ailes sont réunies en un faisceau dans une pièce qui les attelle sur la vergue avant, tout en leur permettant d'osciller autour d'axes fixés sur cette pièce.

Dans les biplans, les voilures sont généralement parallèles et disposées sur une même verticale. Les vergues antérieures des deux voilures sont réunies par des montants verticaux, croisés par des tendeurs. Ces montants sont en bois ou en tubes d'acier carénés, comme dans le *Voisin*, le *Bréguet*. Dans ce dernier appareil, le nombre de ces montants a été réduit au minimum ; outre les forts tubes verticaux porteurs de chapes, dont il

a été question plus haut, il n'existe, dans les appareils à deux places, que deux tubes entretoises, de chaque côté du fuselage et à environ 4 mètres de lui (fig. 4, p. 663).

On a cru, pendant longtemps, sur la foi d'expériences de Langley, que chacune des surfaces d'un biplan agissait comme si elle était seule, lorsque la distance des surfaces parallèles était égale à leur largeur dans le sens de l'avancement. En réalité, d'après les expériences de M. G. Eiffel, les deux surfaces se gênent réciproquement ; la perte de sustentation est encore égale à 18 % lorsque la distance des voilures courbes est les $\frac{4}{3}$ de la largeur de l'aile ; dans les mêmes conditions, cette perte atteint 25 % avec des voilures planes.

On a essayé d'améliorer les conditions de vol d'un biplan, soit au point de vue de la sustentation, soit au point de vue de la résistance à l'avancement, en décalant les voilures l'une par rapport à l'autre. Cette solution a été adoptée pour la première fois par Goupy, dont la voilure supérieure est reportée en avant par rapport à la voilure inférieure (fig. 5, p. 663). Elle a été reprise dans divers biplans présentés au Concours militaire de Reims (1911), notamment par deux biplans *Henri Farman* (fig. 6) et par un biplan *Maurice Farman* (fig. 7). D'après de récentes expériences de M. G. Eiffel, un tel décalage ne semble pas changer beaucoup les conditions de vol d'un biplan ; on est plus certain d'obtenir une amélioration en écartant les voilures qu'en les décalant.

Le désir d'accroître la sustentation sans développer, outre mesure, l'envergure a conduit certains constructeurs à essayer des biplans. Au Concours militaire de Reims (1911), on voit un triplan *Paulhan* et un triplan *Astra*. Dans ce dernier, au lieu d'avoir deux séries de tendeurs en croix de Saint-André dans les cellules de la travée supérieure, on n'y installe, suivant une seule diagonale, qu'une série de tubes d'acier rigides ; le plan inférieur leur transmet un effort par l'intermédiaire des montants verticaux (fig. 8).

(A suivre.)

L. MARCHIS.

Professeur d'aviation à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

AÉRODYNAMIQUE

APPAREIL PERMETTANT LA DÉTERMINATION DIRECTE DU TAUX DE SUSTENTATION D'UN MODÈLE D'AÉROPLANE

APPLICATION A DES OISEAUX NATURALISÉS⁽¹⁾

La plupart des appareils employés pour étudier l'action du vent sur des systèmes de formes diverses, ne permettent que la mesure successive des deux composantes de l'effort total R supporté par l'objet soumis à l'essai. L'une de ces composantes, H, est généralement choisie parallèlement au courant et l'autre, F, dans une direction perpendiculaire.

De ces deux grandeurs, supposées connues avec exactitude, on déduit R et $\frac{H}{F}$. La connaissance de ce dernier rapport a une grande importance, car elle permet de comparer les divers appareils au point de vue de leur plus ou moins d'aptitude à la réalisation d'une sustentation économique.

En effet, dans le cas d'un vol horizontal, plus $\frac{H}{F}$ sera faible, plus grand sera le poids porté F pour un même effort de propulsion H ; aussi, en raison de cette propriété, on peut dire que ce rapport représente en quelque sorte le *taux de la sustentation*.

Si l'on désigne par φ l'angle de la force F avec la réaction totale R, on a $\frac{H}{F} = \text{tg } \varphi$ et, en raison de l'importance de l'élément auquel il se rattache, on a proposé de donner à φ le nom d'*angle de sustentation* (J. RAIBAUD : *La machine volante*, p. 108. Paris, 1910).

Il est, *a priori*, assez naturel de penser que, dans le cas des oiseaux, cet angle est notablement inférieur à celui qui correspond à nos meilleurs aéroplanes et à nos ailes artificielles les mieux profilées.

(1) Travail exécuté sous les auspices de l'établissement d'aviation militaire de Vincennes.

Afin d'avoir une idée sur la valeur de cette opinion, qui m'a paru assez répandue parmi les chercheurs qui s'intéressent aux problèmes de l'aviation, je me suis proposé de déterminer le taux de sustentation en opérant sur des oiseaux empaillés disposés suivant des attitudes aussi voisines que possible de celles qu'ils paraissent prendre lorsqu'ils planent ou fendent l'air sans mouvoir leurs ailes.

Pour l'exécution correcte de cette recherche, j'ai pensé qu'il était absolument nécessaire de mesurer directement l'angle φ , afin d'éviter toute cause d'erreur pouvant provenir de la détermination successive et séparée des composantes H et F .

J'ai par suite été conduit à réaliser un dispositif expérimental spécial dont je vais donner une description sommaire avant d'exposer le résultat de mes essais.

Le schéma ci-joint (fig. 1) fera comprendre le fonctionnement de l'appareil que j'ai employé. Un grand cadre métallique rigide ab $a'b'$ est suspendu verticalement à un cercle gradué horizontal C par une articulation de Cardan $xx' yy'$; de cette manière, il peut osciller avec facilité autour d'un axe horizontal quelconque passant par l'intersection de $xx' yy'$, tandis qu'une rotation autour de l'axe vertical mené par le centre du cercle C ne peut avoir lieu qu'en entraînant ce dernier et peut être à volonté rendue impossible par une vis de serrage (non figurée).

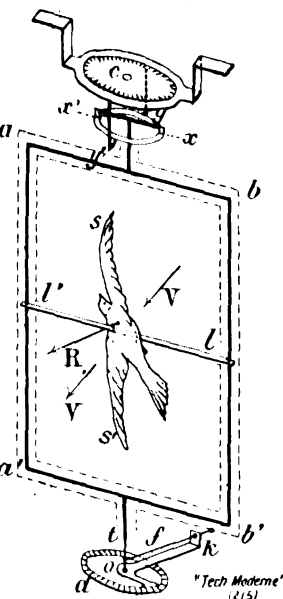


FIG. 1.

Une tige axiale t , portée par la traverse inférieure $a'b'$ du cadre, vient s'engager dans un lien flexible f , dont on peut faire varier l'orientation en tournant le bras OK autour du centre d'un second cercle divisé horizontal d .

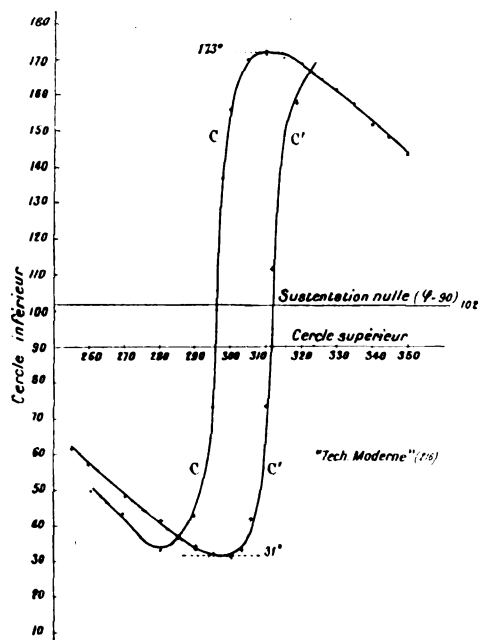


FIG. 2. — Hirondelle de mer (première position).

Enfin, des gaines protectrices figurées en pointillé mettent à l'abri du vent toutes les parties de l'appareil qui pourraient être atteintes par le courant d'air projeté horizontalement par le ventilateur; elles sont agencées de manière à pouvoir suivre le cadre, lorsqu'on l'oriente dans divers azimuts.

Pour faire une expérience, on dispose, comme il vient d'être dit, le système au milieu du cadre et, en appliquant à ce dernier des contrepoids convenables, on amène le centre de gravité de

tout l'ensemble à se trouver sur l'axe de rotation vertical qui passe par les centres des cercles C et d . On s'assure qu'il en est bien ainsi en faisant tourner le cercle supérieur et en constatant que l'index placé à l'extrémité de la tige t demeure en face du centre du cercle inférieur.

Dès lors quand, sous l'action du vent, le système éprouvé sera soumis à une force R , l'équilibre sera rompu et ne se trouvera rétabli que, lorsqu'à l'aide du lien souple, on exercera un effort antagoniste parallèle à R . Un trait de repère lié au bras mobile OK permet alors de relever, sur le cercle d , l'orientation de la force R . Il est clair que, lorsque l'équilibre se trouve ainsi rétabli, le cadre est soumis à un couple, sauf le cas exceptionnel où la poussée totale R rencontre l'axe de rotation. Ce couple est détruit par la réaction qu'exercent sur leurs appuis les couteaux de la suspension Cardan, et il doit résulter nécessairement de cet antagonisme une légère torsion de l'appareil. On s'est assuré directement que cet effet n'introduisait pas d'erreur appréciable; dans ce but, on a fixé vers les extrémités de la lame ll' deux fils bien parallèles, et l'on a constaté que la direction indiquée par le lien f ne variait pas lorsqu'on exerçait exclusivement sur l'un ou l'autre de ces fils un effort supérieur à ceux qui pouvaient se produire au cours des essais.

Quand on expérimente, comme c'est presque toujours le cas, sur un système doué d'un plan de symétrie coïncidant avec la lame ll' qui sert à le fixer, on obtient la valeur de R en mesurant avec un peson l'effort qu'il faut exercer sur f et en multipliant le nombre obtenu par le rapport des distances du lien et de la lame au plan de la Cardan.

Dans le cas de corps de forme complexe, comme une aile plus ou moins incurvée ou un animal naturalisé, il est parfois difficile de choisir des repères permettant de définir l'inclinaison par rapport au courant, mais cette difficulté est aisée à tourner et l'expérience convenablement conduite permet même d'éliminer du même coup l'incertitude qui peut exister sur la direction rigoureuse du vent.

A cet effet, on exécute une première série de déterminations, et l'on relie, par une courbe, les valeurs des angles relevés sur le cercle inférieur aux azimuts correspondants comptés sur le cercle supérieur; puis, sans rien changer aux positions des origines à partir desquelles sont évalués ces angles, on recommence les mêmes opérations après avoir disposé symétriquement l'objet placé dans le courant par un retournement face pour face de la lame ll' .

On obtient de cette manière deux courbes C et C' qui, comme celles représentées sur la figure 2, jouissent de la propriété d'être superposables par une rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan du tableau.

Il suffit de se reporter au schéma donné figure 3 pour voir que la différence entre le plus petit et le plus grand des angles lus sur le cercle inférieur représente le double du complément de l'angle φ optimum.

Dans le cas de la figure 2, $\varphi = \frac{1}{2}(180^\circ - 173^\circ + 31^\circ) = 19^\circ$.

La moyenne de ces angles (102°) caractérise la position occupée par l'index lié à OK lorsque la force R est parallèle à la direction du vent, c'est-à-dire lorsque la composante sustentatrice F est nulle ($\varphi = 90^\circ$).

Le dispositif expérimental qui vient d'être décrit permet de déterminer commodément, pour diverses incidences, le taux de sustentation d'un modèle de volateur quelconque exécuté à une échelle assez réduite pour qu'on puisse l'introduire dans le vent d'une soufflerie; on conçoit même la possibilité d'exécuter un montage analogue susceptible de recevoir des aéroplanes réels que l'on suspendrait dans une région bien découverte de manière à utiliser le vent naturel. Il convient, en effet, de remarquer

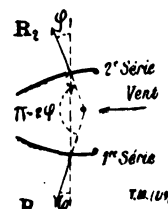


FIG. 3.

que, contrairement à ce qui a lieu pour les méthodes basées sur la mesure successive de H et de F, le procédé que j'ai employé ne nécessite pas que le vent souffle avec une intensité parfaitement constante.

Laissant de côté l'examen des applications possibles de ce genre d'appareil, je vais, pour terminer, indiquer quelques résultats obtenus au cours de la recherche plus particulière que je m'étais proposée.

Il est clair que, pour opérer dans de bonnes conditions, il convenait d'employer des oiseaux assez grands pour utiliser à peu près complètement la région régulière du courant d'air, afin de donner la plus grande valeur possible aux actions dont on voulait déterminer l'effet. La buse de la soufflerie (1) mise à ma disposition ayant une section carrée de 70 cm de côté, j'ai dû choisir des modèles de 50 à 60 cm d'envergure. Le pigeon de taille moyenne et l'hirondelle de mer sont des animaux faciles à se procurer qui satisfont à cette condition; il était naturel de les employer; le corbeau et la mouette, sur lesquels il serait intéressant de faire des mesures, ont une envergure qui dépasse 70 cm, et j'ai dû me borner à expérimenter sur un corbeau dont les ailes étaient systématiquement repliées vers l'arrière, dans une attitude rappelant celle que prennent quelquefois les oiseaux lorsqu'ils nous paraissent fendre l'air à la façon d'une flèche.

On a photographié suivant trois orientations principales les modèles utilisés dans ces expériences, en employant pour effectuer cette opération un objectif à très long foyer, de manière à pouvoir obtenir pratiquement la représentation de leurs projections orthogonales sur trois plans rectangulaires. Sur ces photographies, ont été calquées des silhouettes dont on a tiré par réduction la figure 4. L'examen de ces dessins permet, mieux que toute description, de se faire une idée sur la forme des modèles essayés.

L'étude de chacun d'eux a conduit, comme il a été indiqué plus haut, au tracé des courbes C et C', analogues à celles qui sont représentées figure 2 et se rapportent au cas particulier de l'hirondelle de mer.

(1) Cette soufflerie est précisément celle qui a été dans ces dernières années utilisée par M. Rateau pour l'exécution de ses recherches d'aérodynamique; on en trouve une description dans le *Cours d'Aéronautique* de M. Marchis, p. 210 (Paris, 1910).

L'azimut correspondant à la sustentation nulle ayant été déterminé, on peut, pour résumer les résultats d'un essai, ne conserver qu'une seule courbe, la courbe C par exemple, et prendre pour origine des axes le point O, où elle est rencontrée par la ligne de sustentation nulle. Les abscisses représentent alors les valeurs de l'angle d'attaque fictif, que l'on désigne habituellement par α et les ordonnées donnent

$$\frac{\pi}{2} - \varphi.$$

C'est ce système de coordonnées dont il a été fait usage pour établir les diagrammes des figures 5 et 6. Les courbes C qui s'y trouvent représentées se prolongent dans la région où α et $\frac{\pi}{2} - \varphi$ sont

négatifs et donnent à titre de curiosité les résultats obtenus lorsque le vent frappe le volateur dans le dos.

Les courbes (R) donnent en grammes, les valeurs de l'effort total pour un vent de 10 m/sec; cette vitesse est d'ailleurs celle qui a été effectivement utilisée.

J'ai observé que les valeurs relevées pour φ ne changent pas sensiblement lorsqu'on arrête le ventilateur de manière à laisser décroître la vitesse du courant depuis 10 m jusqu'à 2 ou 3 m par seconde. Lorsqu'on emploie des courants trop

forts dépassant 12 m/sec, par exemple, les préparations éprou-

TABLEAU I.

DÉSIGNATION DU MODÈLE	LETTRE correspondante sur la figure 4	φ Minimum	TAUX de sustentation lg φ	ANGLES d'attaque correspondants α
Corbeau (ailes repliées vers l'arrière)	a	21°,5	0,394	23°
Hirondelle de mer (ailes légèrement repliées vers l'arrière)	b	19°	0,344	14°
Hirondelle de mer (ailes étendues)	d	20°,5	0,374	12°,5
Pigeon (ailes étendues)	e	22°,5	0,414	22°
2° pigeon (ailes étendues)	non figuré	21°,5	0,394	(non observé)
Deux ailes de pigeons associées	f	13°	0,231	16°
2° paire d'ailes de pigeons	(non figurée)	11°,5	0,203	(non observé)
Aile en bois vernis (type Blériot)	c	5°,5	0,096	8°,5

vent des déformations assez notables pour que l'évaluation de φ devienne incorrecte.

En relevant les plus petites valeurs obtenues pour l'angle de sustentation (tableau I), on constate que, même dans le cas le plus favorable (hirondelle de mer; ailes légèrement repliées), le taux de sustentation est relativement élevé et surpasse celui d'un bon monoplan. Il était naturel d'attribuer cette médiocrité à des défauts d'attitude et notamment à une inclinaison défectueuse des

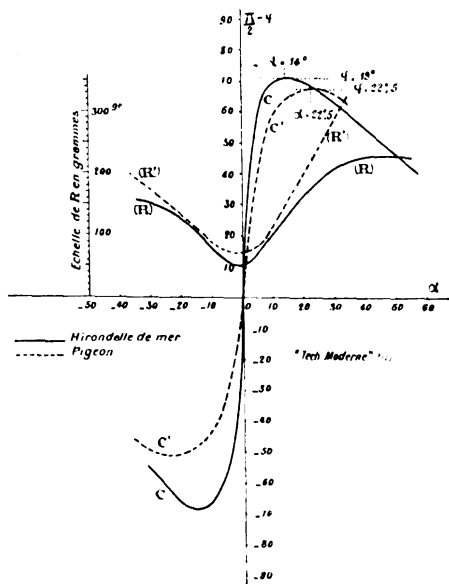


FIG. 5.

— Hirondelle de mer; --- Pigeon.

dont les bords sont arrondis et le profil semblable à celui d'une aile Blériot, donne $\varphi = 5^{\circ},5$, c'est-à-dire un taux de sustentation inférieur à 1/10.

Les courbes de la figure 6 se rapportent à ces deux expériences.

En résumé, d'après ces essais (1), un oiseau naturalisé se comporte comme un volateur médiocre certainement inférieur à un bon monoplan, tel que le *Nieuport* par exemple; son aile, considérée isolément, ne vaudrait pas non plus une aile artificielle

ailes de l'oiseau naturalisé; en faisant varier systématiquement cet élément dans des limites plausibles, j'ai toujours obtenu des résultats du même ordre.

Comme il est forcément assez délicat de modeler à l'estime un oiseau dans une attitude voisine de celle qui correspond au vol réel, il m'a paru nécessaire d'opérer sur des ailes seules en les accolant symétriquement de part et d'autre de la lame support. Dans ce cas particulièrement favorable, φ ne descend qu'à 12 ou 13°; tandis qu'une

judicieusement profilée. Peut-on en conclure qu'il en est de même pour l'animal vivant?

Je n'aurai pas la hardiesse de répondre par une affirmation catégorique à cette question, mais les expériences que je viens de relater me portent toutefois à penser que le taux de sustentation des oiseaux est très loin d'atteindre le degré de petitesse qu'il faudrait lui supposer pour expliquer qu'une dépense d'énergie physiologique relativement faible permet à ces animaux d'effectuer des parcours considérables.

Cette conclusion me paraît de nature à justifier les espérances de ceux qui pensent que l'homme parviendra à s'élever et à se soutenir dans l'air par ses propres moyens.

Les chercheurs qui, poursuivant l'œuvre féconde de Lilienthal, s'efforcent d'appliquer ses méthodes à la découverte de l'utilisation de l'énergie des mouvements de l'atmosphère, nous donneront probablement, dans un avenir que je crois prochain, la solution de cet audacieux problème (1) ou la démonstration expérimentale de son impossibilité.

Capitaine A. LAFAY,
Professeur à l'Ecole Polytechnique.

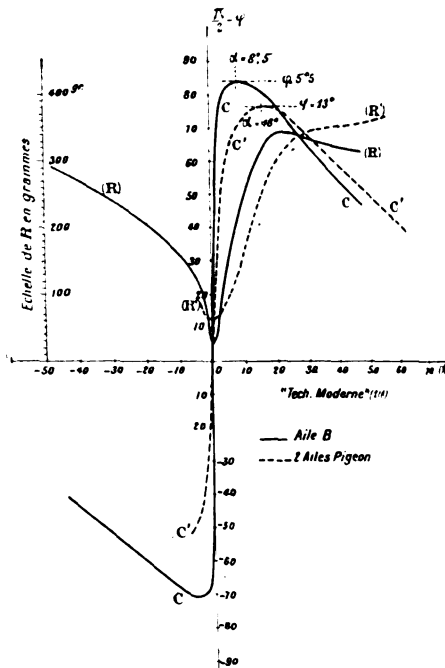


FIG. 6.

— Aile B; --- 2 Ailes Pigeon.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

LA PROTECTION DES RÉSEAUX ET INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES CONTRE LES SURTENSIONS (2)

(Suite.)

§ 2. — INFLUENCE DE LA PUISSANCE NOMINALE ET DU VOLTAGE DES MACHINES GÉNÉRATRICES.

Les phénomènes de résonance sont surtout à craindre dans les réseaux composés principalement de câbles souterrains. La capacité de l'ensemble de l'installation peut prendre à un moment donné une valeur telle qu'un des harmoniques de la force électro-

motrice en charge du circuit entre en résonance pour une valeur déterminée de la self des machines et des conducteurs.

Comme on va le voir, dans les centrales urbaines, il peut y avoir quelque intérêt à ne faire travailler sur les réseaux que des unités ayant des puissances nominales très élevées.

La tendance actuelle, qui consiste à adopter de très grosses unités dans les réseaux de ville, trouve de la sorte une réper-

(1) M. le Dr Amans, de Montpellier, a, au cours de ses recherches, obtenu des résultats analogues qui n'ont été publiés que récemment (*Bulletin Ac. de Montpellier*, septembre 1911).

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 10 (octobre 1911), p. 533, et n° 11 novembre 1911, p. 610.

(1) Il ne serait peut-être pas impossible, pour l'étude de cette question, de compléter la méthode des glissades par des expériences exécutées en plein atmosphère sur des appareils suspendus à bonne distance sous un dirigeable convenablement aménagé dans ce but.

cussion heureuse au point de vue de la diminution des surtensions dans les installations (1).

La formule empirique ci-dessous (2) permet de se faire une idée de ce que doit être la puissance nominale d'une unité travaillant sur un réseau en câbles armés, pour qu'un harmonique d'ordre déterminé ne puisse entrer en résonance :

$$(1) \quad W > \left(\frac{nE}{400} \right)^2 \lambda.$$

Dans cette relation, W est la puissance nominale de l'alternateur en V. A. ; λ , la longueur totale des câbles sur lesquels cette unité est appelée à fonctionner, c'est-à-dire la somme des longueurs des différentes artères actives, exprimée en kilomètres ; E , le voltage entre phases mesuré aux bornes de l'alternateur ; n , le rang de l'harmonique considéré (3).

(1) Les nouvelles usines de la Compagnie Parisienne d'Electricité, en cours de construction, ne posséderont que des unités de 10 000 kw. (Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 11, p. 608).

(2) Voir *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1910, « Considérations pratiques sur la théorie des surtensions », par Giles.

(3) Voici d'après Giles comment s'établit cette relation (fig. 15) :

Soit :

$$t = 2\pi \sqrt{LC}$$

le temps d'oscillation libre du circuit considéré.

On pourra écrire :

$$(2) \quad \frac{2\pi}{t} = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Dans cette égalité :

$$L = \frac{e_s}{\omega I} = \frac{e_s}{\frac{2\pi}{T} \cdot I}$$

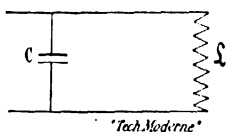


FIG. 15.

et si on exprime e_s en pour cent de la tension aux bornes de la machine :

$$(3) \quad L = \frac{\frac{E}{\sqrt{3}}}{\frac{2\pi}{T} \cdot I}$$

Par ailleurs, si β est la capacité kilométrique des câbles et λ la longueur totale des canalisations actives du réseau — car les capacités des différents circuits en parallèle s'ajoutent — :

$$(4) \quad C = \beta \cdot \lambda.$$

En reprenant l'égalité (2), on voit que le nombre d'oscillations libres devra être plus élevé que celui du $n^{\text{ème}}$ harmonique, pour que ce dernier ne puisse résonner.

Nous écrirons donc :

$$(5) \quad \frac{1}{\sqrt{LC}} > n \frac{2\pi}{T}.$$

En substituant dans cette formule les valeurs de L et C tirées des relations (3) et (4) et en élevant les deux membres au carré :

$$\frac{\frac{2\pi}{T} \cdot W}{\alpha \cdot \beta \cdot \lambda \cdot E^2} > n^2 \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2$$

ou :

$$W > n^2 \left(\frac{2\pi}{T} \right) \cdot E^2 \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda.$$

En adoptant les valeurs moyennes suivantes :

$$\alpha = 0,1 ; \beta = 0,2 \cdot 10^{-6} ; \frac{1}{T} = 50,$$

on trouvera la formule (1) :

$$W > \left(\frac{nE}{400} \right)^2 \lambda.$$

Appliquons cette formule au cas d'un réseau souterrain à 10 000 volts, $\lambda = 100$ kilomètres, on aura :

Fondamentale	$W > 62\,500$ V.A.
Harmonique 3.	560 000
— 5.	1 560 010
— 7.	3 050 000
— 9.	5 100 000
— 11.	7 600 000

On voit, d'après l'exemple précédent, combien il est facile de faire résonner dans les réseaux souterrains un harmonique supérieur au troisième.

Bien que les valeurs de α et de β aient été choisies arbitrairement (voir note), la formule ci-dessus est assez exacte pour qu'on puisse vérifier rapidement, grâce à elle, si un harmonique déterminé, déduit d'une observation oscillographique, peut entrer ou non en résonance. D'ailleurs, il est préférable de laisser à la formule ci-dessus son caractère empirique, étant donné que, pour une même machine, la valeur attribuée au coefficient α est essentiellement variable. S'il se produit, par exemple, un court-circuit brusque sur le réseau, le facteur de puissance de l'alternateur passe lentement par toutes les valeurs intermédiaires entre le $\cos \varphi$ de marche et $\cos \varphi = 0$; l'une de celles-ci peut donc réaliser la condition de résonance exprimée plus haut.

En résumé, le lecteur se rend compte que, dans les installations où les alternateurs travaillent sur des câbles armés de grande longueur, il y a intérêt, au point de vue des phénomènes de surtension, à n'adopter que des unités de puissance nominale aussi élevées que possible.

Si la puissance nominale des alternateurs a , comme on vient de le voir, une certaine influence au point de vue de la production des surtensions dans les réseaux, il en est de même pour le voltage de ces machines.

La surtension maximum produite par une variation brusque de charge a pour valeur théorique :

$$(6) \quad I_0 \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

L et C étant respectivement la self et la capacité de la machine par unité de longueur.

Il en résulte que la surtension maximum théorique est à peu près constante et égale à 150 000 volts environ, quelle que soit la tension normale de la machine. La valeur ci-dessus représente le cas le plus défavorable et ne peut être obtenue que lors d'un court-circuit instantané aux bornes de l'alternateur, quand ce dernier débite son courant de pleine charge. Les surtensions dues à cette cause n'atteindront donc que très rarement la valeur limite ci-dessus ; bien qu'elles puissent lui être même très inférieures, les valeurs atteintes devront encore être considérées souvent comme dangereuses pour les isolants.

Puisque la valeur absolue des surtensions est pratiquement indépendante du voltage de la machine (2), on remarquera qu'il y aura un certain intérêt, pour la préservation des isolants, de diminuer la valeur relative des surtensions en adoptant des voltages élevés pour le matériel générateur.

§ 3. — INFLUENCE DU SOIN APPORTÉ

A LA CONSTRUCTION DU MATÉRIEL SOUS TENSION.

De tous les procédés de protection indirects contre les surtensions, l'un des meilleurs, à coup sûr, pour éviter les accidents, consiste à prévoir pour l'isolation de tout le matériel électrique

(1) Voir notamment *Proceedings American Institute of Electrical Engineers*, Creighton, juillet 1908.

(2) Théoriquement, la valeur absolue de la surtension diminue en raison inverse du voltage, tandis que la valeur relative diminue en raison inverse du carré de cette même quantité.

des coefficients de sécurité élevés. Dans les machines, notamment, il conviendrait que la résistance d'isolement entre enroulement et masse, entre bobines, et même de fil à fil d'une même bobine, soit toujours large. Les constructeurs apportent désormais les plus grands soins à la préparation des enroulements. Pour préserver ces derniers des phénomènes d'effluves, on n'emploie presque exclusivement que des bobinages privés d'air. Les fils d'une même bobine sont noyés dans la matière isolante compacte, de telle sorte qu'une section faite à travers une bobine rappellerait d'aspect celle d'un câble (fig. 16).

Ces dernières remarques s'appliquent non seulement aux machines, mais à toutes les parties des installations; toutefois, nous nous écarterions certainement trop de notre sujet si nous devions entrer dans tous les détails touchant au sujet qui nous occupe. Pour ne citer qu'un exemple, rappelons que, dans les installations à haute tension, les premières spires des transformateurs devraient être isolées mieux que les autres, puisqu'elles sont plus exposées aux effets

destructifs des phénomènes de haute fréquence. Enfin, lorsque la tension en ligne atteint 80 000 et 150 000 volts, on devrait toujours donner à la première spire d'un transformateur une forme appropriée et une section plus large que celle des autres, pour que la charge statique superficielle ne puisse s'élever en aucun point de cette spire à une valeur trop élevée.

Lorsqu'une ligne vient à être coupée par un interrupteur ou par la fusion d'un coupe-circuit, nous avons dit qu'il pouvait se produire des tensions très élevées. Le phénomène a son effet le plus grand lorsque l'interruption se produit au moment où l'intensité passe par la valeur maximum. Par suite du décalage habituel entre la courbe de tension et celle du courant, il peut se produire encore une oscillation appréciable en supposant même que la rupture se fasse au moment où l'intensité passe par la valeur zéro.

Les phénomènes d'ouverture peuvent être comparés, comme on le sait, aux phénomènes de charge et de décharge d'un condensateur, constitué ici par le conducteur et la terre. Or, on se figure facilement que la surélévation de tension produite par la disparition du champ magnétique est d'autant plus à craindre que la capacité du condensateur constitué par la ligne est plus faible. Et cela tout naturellement, car pour une certaine quantité d'énergie à absorber, la différence de potentiel des armatures est d'autant plus élevée que la capacité est plus faible. Comme le dit Sartori (1) : c'est le cas d'un sac élastique qui devrait contenir une quantité donnée de liquide et pour lequel la résistance des parois devrait être d'autant plus grande que le volume du sac est plus petit. Il en résulte même que les surélévations de tension dues au fonctionnement brusque des interrupteurs ou à la fusion de coupe-circuits seront plus à craindre avec les lignes aériennes qu'avec les lignes souterraines.

Ceci posé, on voit que l'idéal au point de vue du fonctionnement des interrupteurs serait que l'ouverture se fasse exactement au moment où l'intensité passe par 0, étant donné que c'est la condition la plus favorable pour qu'il ne se produise pas de surtensions.

L'arc d'ouverture dure généralement quelques secondes, lorsqu'il se produit dans l'air, et seulement l'espace de quelques périodes, s'il se fait dans l'huile; dans l'un ou l'autre cas, la durée en

est d'autant plus longue que la puissance et la tension sont élevées.

Pour faciliter la disparition de l'arc, on prévoit dans l'interrupteur des points de rupture multiples (fig. 17). Cependant, si la puissance en jeu est faible, et si le nombre des contacts est élevé, on constate, en pratique, que l'ouverture du circuit se fait presque toujours à un moment où l'intensité n'a pas la valeur 0. Au contraire, pour un nombre faible de points de rupture et pour des puissances élevées, l'arc dure parfois assez longtemps pour qu'il produise une chaleur intense, voire même une explosion dans l'huile de l'interrupteur. Comme on le voit, les conditions d'établissement des interrupteurs doivent se justifier dans chaque cas et être l'objet d'études préalables de la part des installateurs.

On a préconisé de placer en série avec les interrupteurs des résistances qui viennent se mettre en circuit mécaniquement pendant les périodes d'ouverture et de fermeture.

D'après les expériences qu'on a pu en faire, cette disposition permet d'obtenir un amortissement rapide des ondes de rupture. Cette pratique nous semble en tout cas préférable à celle qui consiste à leur substituer des bobines de self pendant les périodes d'ouverture et de fermeture. Ces bobines de self créant un ventre d'oscillation au voisinage des points de rupture de l'interrupteur, semblent augmenter ainsi la production d'oscillations pendant la période d'ouverture et augmenter en tout cas leur amplitude.

Les interrupteurs munis de résistances se placent avantageusement dans les réseaux à câbles ou lorsqu'ils commandent des lignes aboutissant à des moteurs synchrones, des commutatrices ou des gros moteurs d'induction.

Pour éviter la production des court-circuits, si nuisibles au point de vue des surtensions qu'elles peuvent engendrer dans les installations, on prend de nos jours les plus grandes précautions dans l'établissement des différentes parties sous tension des lignes et de l'appareillage. La pose des premières se fait depuis quelques années avec un redoublement de soins. Par

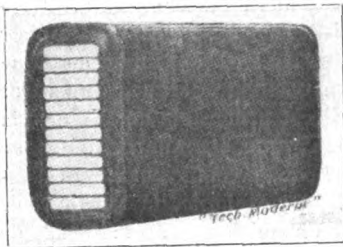


FIG. 16. — Câbles sur champ pour enroulements de la Société Oerlikon.

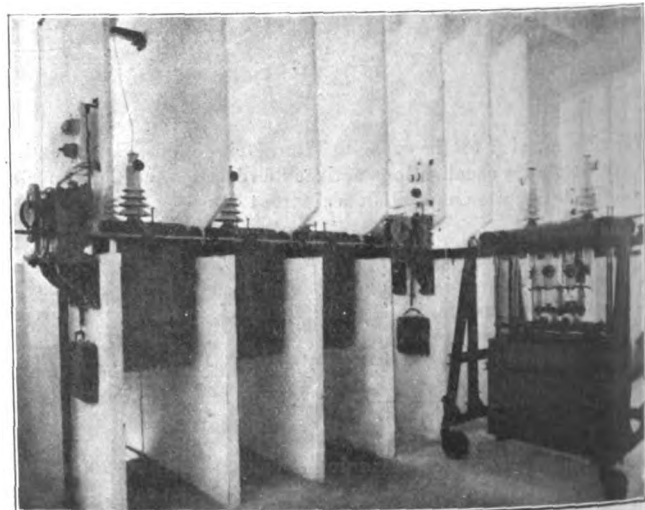


FIG. 17. — Interrupteur à 45 000 volts, Brown-Boveri, pour des départs de 2 500 kw, avec dispositifs électro-magnétiques de commande à distance. Chaque pôle de l'installation est isolé par une cloison en béton.

ailleurs, on exécute presque exclusivement aujourd'hui les tableaux à haute tension d'après le système des compartiments en béton armé. La crainte de production d'arcs dangereux, si la tension d'exploitation est élevée, a décidé les constructeurs à pousser ce principe très loin, et à séparer par des parois les pôles eux-mêmes les uns des autres (fig. 17).

En résumé, on voit combien les progrès réalisés dans la construction et le soin apporté à l'agencement des différentes parties sous tension peuvent avoir d'influence pour la suppression

(1) SARTORI : *La Technique pratique des courants alternatifs*. Vol. I (Chapitre de la protection des lignes contre les surtensions).

sion des phénomènes de surtension ou, tout au moins, pour leur atténuation.

III. — Procédés directs de protection contre les surtensions.

Avant d'entreprendre l'étude proprement dite de la protection des lignes, canalizations et installations électriques contre les surtensions, il nous a semblé intéressant de consacrer quelques paragraphes de cet article à la description de parafoudres auxquels on avait recours à l'origine des premiers transports de force.

Bien que très ingénieux parfois dans leur construction, ces appareils ne répondaient généralement pas au but auquel ils étaient destinés et furent, pour la plupart, abandonnés. En les passant en revue, le lecteur ne manquera pas d'être frappé du grand nombre et de la diversité des tentatives qui ont été faites autrefois dans les installations, avant que les constructeurs aient pu obtenir quelques résultats appréciables pour l'atténuation des phénomènes de surtension.

Qu'on en juge : il y a une douzaine d'années les différents systèmes de parafoudres se classaient comme suit (1) :

1° *Parafoudres sans arc.* — Les uns se composaient de cylindres en charbon de haute résistance, combinés parfois avec des bobines de self reliés à la terre par l'intermédiaire d'un bain électrolytique (Wood et Würtz).

D'autres consistaient en la réunion, par un mince filet d'eau, de deux fils, le premier offrant un libre passage aux décharges, mais présentant toutefois une résistance suffisante au courant de la station, le deuxième étant réuni au circuit à protéger.

Par un autre procédé, on shuntait les machines au moyen d'une résistance ohmique dont le milieu était relié à la terre (Ruddi).

Les dispositions les plus simples de cette catégorie d'appareils consistaient, enfin, en limiteurs de tension électrolytiques simples à électrodes, tels qu'on les emploie encore aujourd'hui.

2° *Parafoudres où l'arc se produisait dans un milieu isolant.* — Nous citerons les appareils à huile de Dickerson et de Siemens et ceux à sable de Brown, qui n'ont plus aujourd'hui qu'un intérêt historique.

3° *Parafoudres à force électromotrice opposée à l'arc.* — Cette solution consistait simplement à brancher entre terre et ligne une batterie d'accumulateurs, dans les installations à courant continu, et une bobine de self, dans les installations à courants alternatifs (2).

4° *Parafoudres divisant l'arc en plusieurs parties.* — Ils étaient composés d'une pile de disques métalliques alternant avec des feuilles de mica de 0^{mm},005. Le disque métallique inférieur était relié à la terre, le disque supérieur à la ligne (Wirt Central Supply, Chicago).

Le parafoudre Brown-Boveri, était basé sur le même principe. Il consistait en deux colonnes d'éléments métalliques isolés les uns des autres en leur milieu par des semelles en ébonite.

Enfin, on utilisait les parafoudres à rouleaux Würtz, qui sont très en faveur encore dans de nombreuses installations modernes.

5° et 6°. — *Parafoudres à rupture mécanique et magnétomécanique.* — Ils étaient d'une construction compliquée et ne donnaient lieu qu'à des ennuis en installation. Nous ne les citons donc que pour mémoire, car on ne les rencontre plus.

7° *Parafoudres à rupture d'arc par échauffement de corps solides.* — L'échauffement produit par le courant de décharge pouvait être utilisé dans ces appareils, soit à faire fondre des corps fusibles, — ce qui constituait une interruption, — soit à provoquer plus simplement l'écartement de deux électrodes.

(1) Dr NEESENS : *Die Sicherungen von Schwach- und Starkstromanlagen* (1899).

(2) Cette dernière disposition est employée avec succès maintenant encore pour écouler à la terre les charges statiques des lignes à courants alternatifs.

Le plus simple de ces parafoudres était celui de Van Nuis. Dans une enveloppe isolante, disposée spécialement à cet effet, on logeait deux filaments métalliques. On les prenait d'assez grande longueur pour éviter la production d'un court-circuit après leur fusion.

8° *Parafoudres à soufflage par échauffement de l'air.* — Une sphère métallique était suspendue au-dessus d'une feuille de tôle; l'air, échauffé par les étincelles de décharge, causait le déplacement de l'élec-

trode mobile, ce qui produisait automatiquement la rupture de l'arc.

9° *Parafoudres à soufflage magnétique.* — L'un des premiers fut celui de Thomson qui eut longtemps une grande faveur (fig. 18).

Plusieurs autres tentatives furent faites également dans ce sens (fig. 19 et 20).

10° *Parafoudres à soufflage électrodynamique.* — C'était l'appareil à cornes de Siemens et Halske, qui, aujourd'hui encore, est l'un des plus répandus.

Comme on vient de le voir, les premiers parafoudres étaient basés sur des principes très différents, mais la plupart ne fonctionnaient qu'imparfaitement; ils furent à quelques exceptions près rapidement abandonnés.

On n'a retenu de ces nombreux appareils que : les parafoudres à cornes, les appareils à rouleaux, les limiteurs de tension à jets d'eau ou à colonnes d'eau.

Par contre, à côté de ces anciens appareils, nous en avons vu créer dans ces dernières années de nouveaux, parmi lesquels les plus connus sont : les condensateurs électrolytiques en aluminium, les condensateurs et les soupapes électriques de Fribourg.

L'application d'appareils reposant sur des principes aussi différents devait nécessairement donner lieu — comme nous allons le voir — à des polémiques intéressantes entre les constructeurs des différents pays. Ce qui ajoute un intérêt encore plus vif au débat, c'est qu'au moment même où ces polémiques prennent leur caractère le plus aigu en Europe, les Américains, au contraire, affirment de plus en plus leur tendance à supprimer dans leurs installations à haute tension tous les appareils de protection contre les surtensions capables de pouvoir amener par eux-mêmes des interruptions de service ou reconnus comme étant inu-

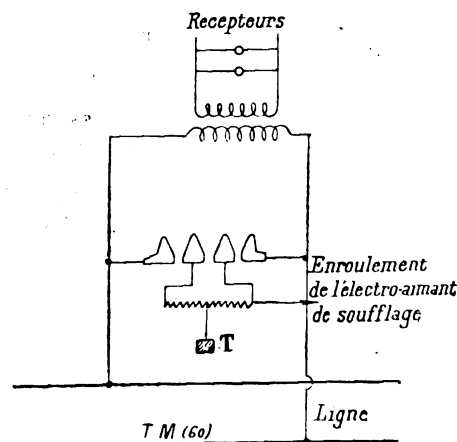


FIG. 18. — Schéma du parafoudre Thomson.



FIG. 19. — Parafoudre à cornes avec pare-étincelle magnétique, système Sprecher et Schuh.

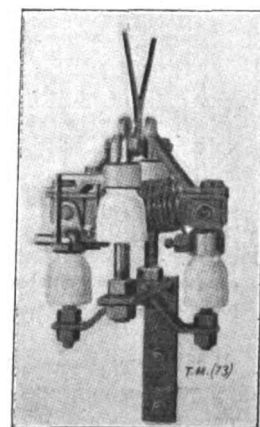


FIG. 20. — Parafoudre à cornes avec pare-étincelle magnétique, système Sprecher et Schuh.

tiles ou insuffisants dans les installations de transports de force.

Mais avant de faire une étude comparative des nombreuses dispositions de protection dans les installations modernes, il importe de faire un court rappel des propriétés et du mode de fonctionnement des appareils que nous venons d'énumérer.

§ 1. — PROPRIÉTÉS ESSENTIELLES DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE PARAFOUDRES EMPLOYÉS DE NOS JOURS.

a) PARAFOUDRES A CORNES (fig. 21). — Le parafoudre à cornes est, comme nous l'avons dit, l'un des plus anciens et des plus

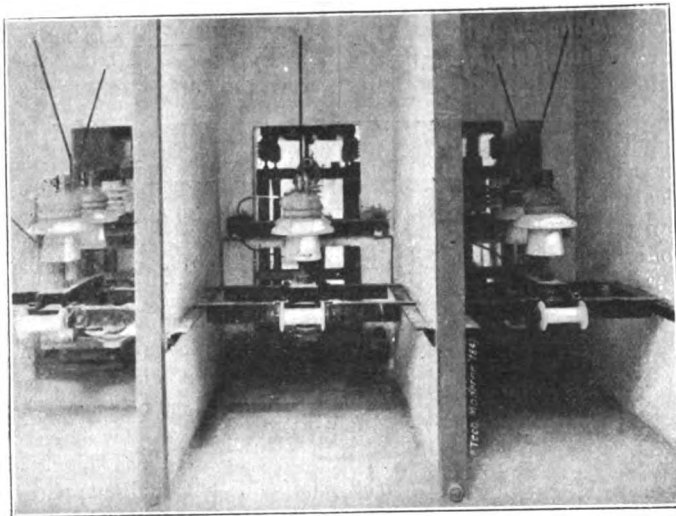


FIG. 21. — Parafoudres à cornes placés dans la Centrale hydroélectrique de la Löntsch (Suisse), pour tension d'exploitation de 27 000 volts.

employés. Il comprend généralement deux branches métalliques divergentes, reliées par leurs extrémités inférieures, la première avec la ligne, la seconde avec la terre. Ces deux branches ou cornes sont séparées par un intervalle d'air plus ou moins grand dans lequel l'étincelle de décharge éclate.

La construction de cet appareil est telle que l'arc, amorcé par la surtension et entretenu par le courant du réseau, parvient à s'éteindre sous l'effet des actions électrodynamiques et thermiques qui se produisent pendant le fonctionnement du parafoudre.

La distance explosive — ou distance minimum entre les cornes — est calculée pour une tension d'amorçage déterminée (fig. 22, 23 et 24).

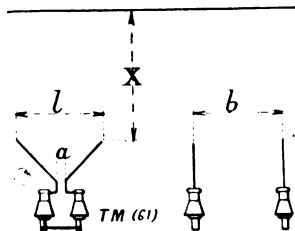


FIG. 22. — Détermination des constantes principales des parafoudres à cornes.

Il est donc important que la tension à laquelle l'arc s'éteint, ne soit que légèrement inférieure à la tension d'amorçage. S'il n'en était pas ainsi, la tension aux bornes de l'installation pourrait tomber très facilement à une valeur voisine de zéro, sans qu'il y ait soufflage de l'arc; il en résulterait donc un court-circuit de l'installation, pouvant entraîner l'interruption complète du service dans l'exploitation.

C'est pour éviter ce court-circuit et pour atténuer les perturbations dans les lignes au moment de la décharge, que l'on place habituellement une résistance sans self dans le circuit du fil de terre. Cette résistance limite le courant de décharge à une

valeur telle que les actions électrodynamiques et thermiques puissent permettre le soufflage de l'arc (fig. 26).

Le fonctionnement de l'appareil dépend également de la forme donnée aux électrodes.

Par suite de leur écartement, l'arc tend à s'infléchir, à s'allonger sans cesse. Les points où l'arc prend naissance se déplacent et montent le long des branches métalliques comme si ces dernières étaient elles-mêmes mobiles. Ce mouvement d'ascension — qui est dû principalement à l'échauffement de l'air dans les parties inférieures du parafoudre — produit finalement un allongement de l'arc suffisant pour que la tension d'installation, à un moment déterminé, ne soit plus assez élevée pour pouvoir entretenir le courant de décharge, qui s'interrompt alors de lui-même.

Tandis que l'arc atteint les parties supérieures des branches, les parties inférieures, au contraire, se refroidissent et l'appareil est de nouveau en état de fonctionner.

Comme résistances dans le circuit du fil de terre, on se sert couramment de résistances liquides renfermées dans des récipients en grès ou quelquefois de résistances en carborandum, les unes comme les autres étant préférables aux résistances métalliques qui ont l'inconvénient de présenter trop de self.

Le principal avantage du para-

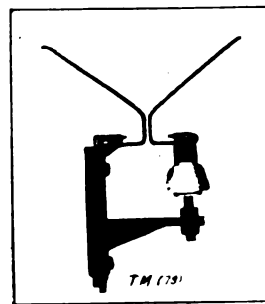


FIG. 25. — Parafoudre à cornes pour chemin de fer électrique, système Sprecher et Schuh.

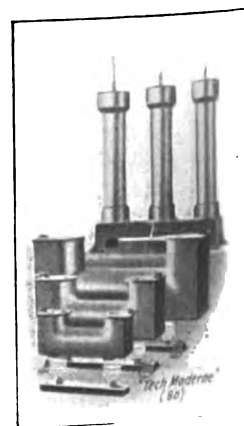


FIG. 26. — Résistances à eau pour parafoudres, système Sprecher et Schuh.

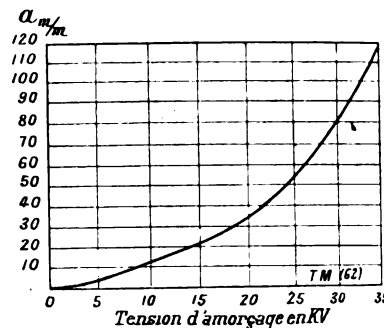


FIG. 23. — Détermination de la distance explosive des parafoudres à cornes sans résistances additionnelles, placés à l'air libre : a doit être au moins 1,5 fois aussi grand que la distance l ; b doit être au moins égal à l . (Sprecher et Schuh.)

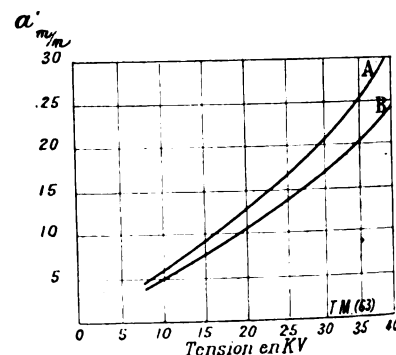


FIG. 24. — Détermination de la distance explosive des parafoudres placés dans des locaux fermés et fonctionnant avec résistance à l'eau ou en carborandum. (La courbe A se rapporte au courant triphasé et la courbe B au courant monophasé.)

foudre à cornes est sa simplicité et son bon marché. Mais, par contre, son efficacité — comme nous le verrons — est très

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

RÉGULATION DES GROUPES ÉLECTROGÈNES ⁽¹⁾

(Suite.)

SIGNIFICATION DU TERME $\frac{W_0}{\Gamma\omega}$. — C'est le temps qu'il faudrait pour communiquer l'énergie cinétique W_0 au système, en lui appliquant, à partir du repos, une puissance motrice, affectée à son démarrage et à sa mise en vitesse, égale à $\Gamma\omega$.

Sous une autre forme, c'est le temps qui serait nécessaire pour que le groupe, partant de la vitesse ω_0 , brusquement dépourvu d'énergie motrice étrangère, et débitant sur des résistances réglées pour fourniture de puissance constante, atteigne l'état de repos.

CAS D'UNE DÉCHARGE TOTALE BRUSQUE DU GROUPE. — Eventualité plus à craindre que celle d'une charge brusque du groupe, car une décharge totale se traduit toujours par un accroissement de vitesse et un accroissement de tension plus ou moins considérables. On a alors :

$$\Gamma\omega = P_{\max.}$$

$P_{\max.}$, valeur maximum de la puissance que le groupe est capable de fournir. Il en résulte pour la valeur de θ , dans ce cas, l'expression :

$$\theta = E_s \frac{W_0}{P_{\max.}}$$

$\frac{W_0}{P_{\max.}}$ — τ est dit le *temps du lancer à pleine puissance*. On a vu précédemment quelle est la signification physique de ce terme.

CONCLUSION. — On peut donc dire que la plus ou moins grande rapidité d'entrée en action du régulateur est liée à la sensibilité de celui-ci et aussi au temps τ du lancer à pleine puissance. Remarquons que, en fixant des unités précises, et du reste non cohérentes, ce facteur, après transformation numérique convenable, prend le nom industriel de *force vive par HP*.

Les groupes légers à grande puissance volumique ou spécifique, mettront donc en action plus tôt que les autres un régulateur donné à sensibilité fixée.

DEUXIÈME TEMPS DE LA PERTURBATION. — Nous aurons toujours :

$$C_m - C_r = K \frac{d\omega}{dt},$$

équation valable après que la vitesse a atteint la valeur ω_2 et dans laquelle C_m est fonction du temps, puisque l'admission varie.

Nous avons montré que le régulateur, pour vaincre les frottements au départ, nécessitait l'accumulation d'un excès de force vive rotative ou centrifuge donné par :

$$\frac{1}{2} K(\omega_1^2 - \omega_0^2) = \frac{1}{2} K \frac{E_s}{2} 2\omega_0^2 = \frac{1}{2} K E_s \omega_0^2.$$

Il peut dès lors se déplacer, mais, dans son déplacement vertical (ici ascension, puisque fermeture) il acquiert une certaine force vive axiale. Celle-ci a pour expression :

$$\frac{1}{2} Q \frac{v^2}{g},$$

v , vitesse du manchon,

Q , poids de la surcharge (manchon), en supposant celui des boules négligeable, pour simplifier, devant cette surcharge.

Même dans le cas des régulateurs sans surcharge, on trouve une expression plus ou moins analogue, avec introduction du poids des boules.

Quoi qu'il en soit, cette énergie cinétique axiale tend à faire dépasser au manchon la position h_1 correspondant à l'équilibre, puis à faire descendre ce manchon de h_1 en h_2 , et ainsi de suite, de telle sorte que la position d'équilibre n'est atteinte qu'après plusieurs oscillations.

C'est pour diminuer ces oscillations, ou même les détruire, qu'on adjoint un frein au régulateur, frein destiné à absorber l'énergie cinétique axiale du tachymètre et à permettre à celui-ci, autant que faire se peut, d'atteindre la nouvelle position d'équilibre. Ainsi, l'intervention du frein supposée parfaite peut être considérée comme ayant la conséquence théorique suivante : aux oscillations du système, liées à la recherche d'une nouvelle position d'équilibre, on pourra substituer une *perturbation périodique* dont la durée (passage de h_0 à h_1 ou de ω_0 à ω_1) sera la même que celle de la perturbation ondulée réelle.

Nous pourrions donc supposer, dans la recherche de cette forme approchée de la perturbation, que le régulateur est absolument souple au point de vue du déplacement axial, et qu'il prend les positions immédiatement indiquées par le vannage sans chercher à communiquer à celui-ci des modifications de situation, modifications qui trouveraient leur source dans la force vive axiale du tachymètre.

CALCUL DU DEUXIÈME TEMPS DE LA PERTURBATION. — A partir du moment où le régulateur est mis en branle, nous avons à étudier l'équation :

$$C_m - C_r = K \frac{d\omega}{dt},$$

dans laquelle :

C_m est alors fonction du temps, puisqu'il est fonction de la vitesse ;

C_r possède sa valeur définitive.

Considérons encore le régulateur de Watt, pour simplifier les calculs. Nous voulons aboutir à une nouvelle vitesse de régime ω'_0 par l'atteinte d'une nouvelle vitesse de fermeture ω'_1 , le

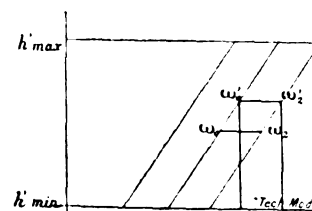


FIG. 21. — Régulation directe. Calcul du deuxième temps de la perturbation.

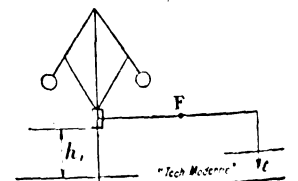


FIG. 22. — Régulation directe. Action du régulateur sur la vanne.

retour à ω'_0 se faisant par le jeu de petites secousses intérieures dont le régulateur est le siège (fig. 21).

Nous avons toujours :

$$e = ah + b,$$

puisque e et h varient dans le même sens.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 9 (septembre 1911), p. 485, et n° 10 (octobre 1911), p. 536.

Or, l'équation de la perturbation devient, puisque :

$$C_r = C_{\max} \frac{e}{E},$$

e , nouvelle admission correspondant au nouveau régime (fig. 22) :

$$C_{\max} \frac{e}{E} - C_{\max} \frac{e_1}{E} = K \frac{d\omega}{dt}$$

$$C_{\max} \frac{a}{E} [h - h_1] = K \frac{d\omega}{dt}.$$

$$\text{Or : } \begin{cases} h = \frac{g}{\omega^2} \\ h_1 = \frac{g}{\omega_1^2} \end{cases}$$

Donc :

$$C_{\max} \frac{ag}{E} \left(\frac{1}{\omega^2} - \frac{1}{\omega_1^2} \right) = K \frac{d\omega}{dt}.$$

Nous avons à étudier cette équation, quand ω passe de la valeur :

$$\omega_s = \omega_0 + \frac{E_s}{2} \Omega$$

à la valeur :

$$\omega'_s = \omega'_0 + \frac{E_s}{2} \Omega,$$

Ω , vitesse moyenne $\frac{\Omega'' + \Omega'}{2}$ du groupe.

Nous aurons donc ainsi :

$$C_{\max} \frac{a}{E} g \left[\frac{1}{\omega^2} - \frac{1}{\omega'^2 \left(1 + \frac{E_s}{2} \right)^2} \right] = K \frac{d\omega}{dt}.$$

Posons encore :

$$C_{\max} \frac{a}{E} \frac{g}{K} = A :$$

il viendra :

$$A dt = \frac{d\omega}{\frac{1}{\omega^2} - \frac{1}{\omega'^2 \left(1 + \frac{E_s}{2} \right)^2}},$$

c'est-à-dire, si l'on pose provisoirement :

$$\omega'_0 \left(1 + \frac{E_s}{2} \right) = \omega'_s,$$

$$A dt = \frac{d\omega}{\omega'^2 - \omega^2 \omega'^2 \omega^2}.$$

L'intégration de cette équation soulève quelques difficultés, de pure forme du reste, sur lesquelles nous n'insisterons pas, et nous donnerons seulement la forme simplifiée ci-dessous, à laquelle on arrive au prix d'hypothèses très simples :

$$t = \frac{\omega'^2}{A} \left[-(\omega - \omega_s) + \frac{\omega'^2}{2} \text{Log} \left(\frac{\omega'_s - \omega_s}{\omega'_s - \omega} \right) \right],$$

avec :

$$A = C_{\max} \frac{ag}{KE}.$$

Calculons, à titre d'application, le temps nécessaire pour que la vitesse atteinte ne diffère de ω'_s que de la moitié de l'écart relatif de vitesse $\Omega \frac{E_s}{2}$. Il viendra, pour ce temps t_1 :

$$t_1 = \frac{\omega'^2}{C_{\max} \frac{ag}{EK}} \left[-\left(\omega'_s - \Omega \frac{E_s}{2} - \omega_s \right) + \omega'_s \frac{1}{2} \text{Log} \left(\frac{\omega'_s - \omega_s}{\omega'_s - \omega'_s + \Omega \frac{E_s}{2}} \right) \right],$$

et imaginons, pour être dans les circonstances les plus défavorables, que la machine soit brusquement déchargée. Alors :

$$\omega'_s - \omega_s = E_s \Omega,$$

E_s , écart relatif de vitesse dû au degré d'isochronisme du régulateur.

Nous aurons ainsi, si l'on pose $\omega'_s = \sim \Omega$ (1) :

$$t_1 = \frac{\Omega^2}{C_{\max} \frac{ag}{EK}} \left[-\left(E_s - \frac{E_s}{2} \right) + \frac{1}{2} \text{Log} \left(\frac{E_s}{\frac{E_s}{2}} \right) \right],$$

$$t_1 = \frac{\Omega^2}{C_{\max} \frac{ag}{EK}} \left[\left(\frac{E_s}{2} - E_s \right) + \frac{1}{2} \text{Log} \frac{2}{E_s} \right].$$

Rappelons que a est défini par :

$$e = ah + b$$

donc, sous forme différentielle :

$$a = \frac{de}{dh}.$$

La quantité a est, en somme, un élément constitutif, ce que nous avons appelé la caractéristique des transmissions.

On peut encore écrire :

$$t_1 = \frac{E \Omega^2}{a g} \frac{K \Omega}{C_{\max}} \left[\left(\frac{E_s}{2} - E_s \right) + \frac{1}{2} \text{Log} \frac{1}{\frac{2E_s}{E_s}} \right].$$

Or :

$$\frac{g}{\Omega^2} = h \text{ moyen (position moyenne du manchon).}$$

$$\begin{cases} E = ah_{\max} + b, & \text{d'où } E = a(h_{\max} - h_{\min}). \\ 0 = ah_{\min} + b, & E = aC', \end{cases}$$

C' , course du manchon.

Il vient donc :

$$t_1 = \frac{1}{a} \frac{1}{h_{\text{moy}}} \frac{K \Omega}{C_{\max}} a C' \left[\left(\frac{E_s}{2} - E_s \right) + \frac{1}{2} \text{Log} \left(\frac{1}{\frac{E_s}{2E_s}} \right) \right],$$

ou encore :

$$t_1 = \frac{K \Omega}{C_{\max}} \frac{C'}{h_{\text{moy}}} \left[\left(\frac{E_s}{2} - E_s \right) + \frac{1}{2} \text{Log} \left(\frac{1}{\frac{E_s}{2E_s}} \right) \right].$$

L'étude de cette équation amène, en ce qui concerne les grandeurs relatives de E_s et E_i , à des conclusions intéressantes que le lecteur établira facilement lui-même.

CALCUL DU VOLANT ET DU FREIN DU RÉGULATEUR EN RÉGIME TROUBLÉ.

Nous avons calculé déjà le volant comme défini par la nécessité de ne laisser subsister entre les deux vitesses maximum et minimum instantanées qu'un écart relatif de vitesse que nous avons appelé :

$$\varepsilon = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega}.$$

Il en résulte ce fait que, comparant les sensibilités nécessaires du régulateur et du volant en régime, nous avons admis que le régulateur ne devait pas agir par tour ; donc, que l'écart relatif de

(1) Le symbole $\sim$ signifiant approximativement.

vitesse dû au régulateur E devait être plus grand que ϵ . On prend souvent $E_i = 3\epsilon$ (fig. 23 et 24).

Supposons maintenant que nous ayons affaire à une perturbation (C_r , C_{r_0}). Si l'on désire ne pas dépasser comme variation

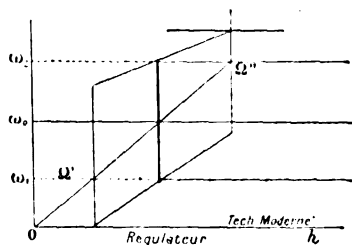


FIG. 23.

Calcul du volant en régime troublé. Comparaison des écarts relatifs du volant et du régulateur.

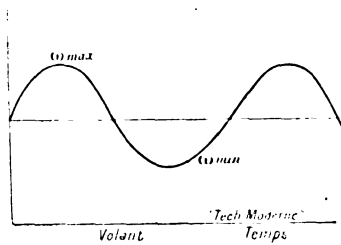


FIG. 24.

de vitesse, durant cette perturbation, des variations du même ordre que celles offertes par la marche en régime, eu égard à ce fait que le passage d'un régime à un autre s'effectue suivant une courbe de passage Γ , qui se rapproche plus ou moins de la caractéristique du groupe réglé $C(\omega)$, il suffira que, durant la perturbation, l'écart de vitesse ne soit à aucun moment supérieur à $\frac{\Omega'' - \Omega'}{2\Omega}$ pour que cette condition soit réalisée (fig. 25).

Bordons la droite $\Omega\Omega''$ de deux droites parallèles menées à la distance $\frac{\Omega'' - \Omega'}{2\Omega}$ de la droite $\Omega\Omega''$. Ces droites A, A' renferment la zone où peut évoluer la vitesse instantanée durant la perturba-

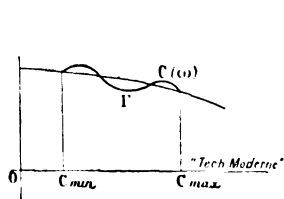


FIG. 25. — Mode de passage d'une vitesse de régime à une autre au cours d'une perturbation.

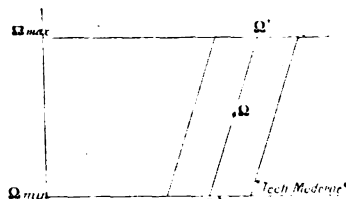


FIG. 26. — Limites à imposer aux variations de vitesse en régime troublé. Relation entre ces limites et le calcul du volant en régime troublé.

tion (fig. 27). Elle limite donc l'écart relatif de vitesse ϵ du volant calculé comme répondant à cette nouvelle condition (fig. 26).

Nous appellerons donc Θ le temps de la perturbation pessimum (décharge brusque de la machine), ce temps Θ étant celui afférent à une perturbation apériodique idéale du groupe de même durée que la perturbation ondulée réelle due à l'action d'un régulateur réel, c'est-à-dire non dépourvu d'énergie cinétique axiale.

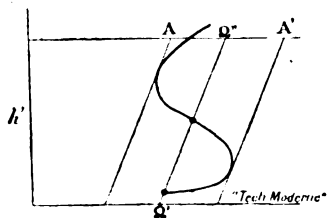


FIG. 27. — Limite supérieure de l'écart relatif de vitesse du volant en régime troublé.

Ainsi, l'écart relatif de vitesse du volant ne devra pas être supérieur (on peut le prendre égal) à l'écart relatif de vitesse dû à l'isochronisme du régulateur, $\epsilon = E_i$.

Nous aurons, la puissance $P_{\max}$ étant épuisée durant le temps Θ et la vitesse variant de Ω' à Ω'' dans cet intervalle :

$$K \left[\frac{\Omega''^2 - \Omega'^2}{2} \right] = P_{\max} \Theta,$$

ou :

$$K \frac{\Omega^2_{\text{moy}}}{2} 2E_i = P_{\max} \cdot \Theta.$$

Si $P_{\max}$ est exprimé en HP ou en kgm :

$$\frac{K\Omega^2_{\text{moy}}}{2} 2E_i = 75 P_{\max} \Theta.$$

D'où :

$$\Theta = \frac{1}{75} \frac{K\Omega^2_{\text{moy}}}{P_{\max}} 2E_i,$$

Or :

$$\frac{1}{75} \frac{K\Omega^2_{\text{moy}}}{P_{\max}} = \bar{\epsilon},$$

$\bar{\epsilon}$, temps du lancer à pleine puissance. Donc :

$$(1) \quad \Theta = \bar{\epsilon} \cdot 2E_i.$$

Remarquons que $\bar{\epsilon} \times 75$ vaut ce que nous avons appelé la force vive par cheval du groupe.

DÉTERMINATION COMPLÈTE DES ÉLÉMENTS DU RÉGULATEUR ET DU VOLANT.

L'équation (1) constitue une relation entre $\bar{\epsilon}$ et Θ . Cherchons-en une autre.

Le frein développant un effort supplémentaire de frottement qu'on peut supposer rapporté à l'arbre, apporte par sa présence un accroissement d'insensibilité au régulateur (fig. 28). L'écart complémentaire relatif de vitesse dû à la sensibilité sera :

$$\frac{\lambda\Phi}{P + \lambda Q} = E'$$

(régulateur de Watt surchargé), ou, en négligeant le poids des boules devant la charge Q :

$$\frac{\Phi}{Q} = E'.$$

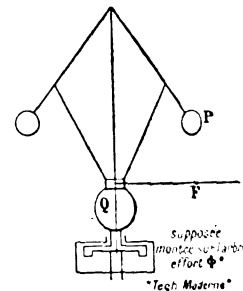


FIG. 28. — Détermination des éléments du frein du régulateur.

Cet écart relatif de vitesse dans la perturbation viendra surajouter ses effets à celui du volant proprement dit. Il ne devra pas donner avec le premier un écart relatif définitif de vitesse $E'_i = E_i$ (sans frein) + E' (dû au frein) trop considérable.

Nous poserons :

$$E' = \alpha E_i.$$

(α égal généralement à 1/3.)

D'où une deuxième relation :

$$(2) \quad \Phi = QE' = QE_i \alpha.$$

Ecrivons enfin, comme nous l'avons fait déjà, que la force axiale du frein est détruite par le frein, totalement ou partiellement (on admet généralement que le frein doit détruire le quart de l'énergie cinétique axiale du régulateur correspondant à une décharge brusque). Donc :

$$(3) \quad \frac{1}{2} \frac{Q}{g} \left(\frac{C}{\Theta} \right)^2 = \Phi C \beta, \quad \left(\text{avec souvent } \beta = \frac{1}{4} \right).$$

C, course totale du manchon.

Ce système de trois équations où les inconnues sont Φ , Θ et $\bar{\epsilon}$, permet de les déterminer complètement.

En effet, le système :

$$(1) \quad \Theta = \bar{\epsilon} 2E_i,$$

$$(2) \quad \Phi = QE_i \alpha,$$

$$(3) \quad \frac{1}{2} \frac{Q}{g} \left(\frac{C}{\Theta} \right)^2 = \Phi C \beta,$$

est équivalent au suivant :

$$\Phi = QE_i z,$$

$$\theta = \sqrt{\frac{Q}{2g} \cdot \frac{C^2}{\Phi C \beta}} = \sqrt{\frac{1}{2g} \cdot \frac{C}{\beta z E_i}} = \sqrt{\frac{C}{20 z \beta E_i}},$$

$$\bar{c} = \frac{\theta}{2E} = \sqrt{\frac{C}{4 \times 20 z \beta E_i^2}}.$$

Nous déduirons de la valeur de $\bar{c}$ une nouvelle valeur du coefficient K pour le volant qui peut différer, en général, de celle adoptée pour la condition de régime, à savoir de la restriction des variations de vitesse instantanée à une valeur donnée. Nous prendrons la plus grande des valeurs K ainsi trouvées pour l'inertie du groupe.

(A suivre.)

L. BARBILLION,

Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble,
Directeur de l'Institut Electrotechnique.

GÉNIE MARITIME

LA PROPULSION DES NAVIRES DE COMBAT

MACHINES A VAPEUR ET MOTEURS A EXPLOSION

Nous avons montré, dans de précédents articles (1), comment pouvait se concevoir l'emploi des moteurs à combustion interne à bord des navires de combat, c'est-à-dire en conjugaison avec des machines à vapeur desservies par des chaudières (2). Nous allons indiquer maintenant, aussi clairement que possible, un certain nombre des divers problèmes constructifs que soulève la réalisation des moteurs Diesel de grande puissance, et les solutions qui leur ont été données jusqu'à présent. Ces solutions sont d'ailleurs, pour la plupart, encore trop récentes pour que les critiques qu'on leur adresse puissent être réfutées avec certitude ; et c'est précisément cette absence de documentation pratique prolongée qui rend imprudent, à notre avis du moins, l'emploi *exclusif* des moteurs Diesel pour la propulsion de nos cuirassés actuels.

La situation actuelle de cette très importante question peut d'ailleurs être très nettement appréciée par la lecture des procès-verbaux des séances de l'Institution of Naval Architects, du 6 avril de cette année. Le vice-président, M. Milton, et divers personnages fort compétents, tels que le Dr Paul Rieppel, M. Seaton, M. Reavell et enfin M. le Dr Diesel lui-même, ont été fort loin d'émettre les mêmes opinions sur les meilleures dispositions constructives à adopter pour le moteur Diesel employé comme machine marine ; et leurs longues discussions laissent encore irrésolues nombre de questions capitales, telles que celles-ci : « Quel volume attribuer à la pompe de balayage (dans le moteur à deux temps) ? » — « L'emploi des cylindres à double effet est-il possible et avantageux à bord ? » — Quelle est la limite maximum d'alésage admissible ? » etc., etc. On voit, sans qu'il soit besoin de continuer cette énumération, que le moteur Diesel marin est beaucoup moins connu aujourd'hui que ne l'était la machine à vapeur, lorsqu'en 1844 Dupuy de Lôme la proposa comme moyen principal de propulsion du vaisseau de ligne *le Napoléon*.

EFFORTS EN JEU DANS UN MOTEUR DIESEL. — Les efforts en jeu dans un attelage moteur considéré tout d'abord isolément sont produits par l'action combinée des gaz et des forces d'inertie engendrées par le mouvement des masses mobiles, absolument comme dans une machine à vapeur ordinaire ; mais, alors que dans cette dernière il est facile de fixer *a priori* le maximum de

l'effort résultant, il est beaucoup plus malaisé, dans le cas d'un moteur Diesel, de connaître avec certitude la pression motrice maximum qui peut se produire au début du mouvement, alors que l'action compensatrice des forces d'inertie est encore négligeable. Si la combustion du pétrole injecté se faisait instantanément, et sans échanges de chaleur avec les parois, cette pression atteindrait 130 à 140 kg par centimètre carré (1) pour une compression initiale de 30 kg seulement, et si l'on s'imposait la condition de proportionner les organes de la machine, de telle sorte qu'ils ne soient pas surchargés, en aucune région, dans ce cas limite indéfiniment répété, on serait contraint d'alourdir exagérément l'ensemble de la machine. Si l'on considère, en effet, que dans les plus puissantes machines à vapeur construites jusqu'à présent en France, pour les navires de guerre (*Edgar-Quinet*, *Waldeck-Rousseau*) l'effort transmis par une bielle motrice n'atteint pas 100 t, on ne peut manquer d'être frappé du fait qu'un cylindre Diesel de 650 mm d'alésage (c'est-à-dire de dimensions absolues relativement faibles) peut produire accidentellement sur sa bielle une force de 430 t, et produit normalement, au départ, un effort de 150 t. En fait, on n'a pas encore, à notre connaissance, observé des combustions instantanées dans des moteurs Diesel alimentés avec du pétrole lampant ; mais il n'en est pas moins vrai que le maximum de la pression statique qui s'exerce sur le piston dépend uniquement de la célérité de la combustion, c'est-à-dire d'un phénomène très difficile non seulement à étudier, mais encore à reproduire toujours identique à lui-même. En fait, ce phénomène a de très grandes analogies avec celui qu'étudie la Balistique Intérieure, mais son étude est encore bien plus complexe que celle de ce dernier, car, tandis que l'on connaît les dimensions initiales des grains de poudre et que l'on peut représenter d'une manière simple la loi élémentaire de combustion de chacun d'eux, il est bien difficile de fixer le diamètre des gouttes qui s'échappent de l'aiguille d'injection, et de connaître la manière dont se propage la flamme à l'intérieur de chacune d'elles. Tous les constructeurs de moteurs Diesel s'accordent pour reconnaître que le mode de pulvérisation du combustible joue un rôle primordial dans la forme du diagramme ; mais il ne semble pas qu'aucun puisse fournir, à l'heure actuelle, des précisions numériques sur l'influence relative des diverses et nombreuses circonstances présidant à cette pulvérisation (pression d'injection d'air —

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 3 (mars 1911), p. 133 et n° 5 (mai 1911), p. 274.

(2) Une telle disposition est actuellement réalisée par l'Amirauté britannique sur deux navires existants, sur lesquels on a remplacé l'un des appareils moteurs à vapeur par un moteur à combustion interne.

(1) Chiffres calculés en tenant compte de la variation des chaleurs spécifiques avec la température, et en supposant de 0 à 300 % d'excès d'air. Des mesures faites chez MM. Carels, de Gand, ont montré que la valeur usuelle de l'excès d'air était d'environ 350 % à l'allure normale.

forme de l'aiguille et de son ajutage — propriétés physiques du combustible, etc.). D'ailleurs, les dispositions intérieures de l'aiguille d'injection ont fort peu varié depuis dix ans; et l'on craint tellement d'altérer son fonctionnement en variant par trop sa forme que l'on préfère en général, pour les moteurs puissants, doubler cet organe plutôt que d'accroître son diamètre.

Pour revenir au sujet de ce chapitre, c'est-à-dire à l'effort maximum produit par les gaz brûlés, on voit qu'il est malaisé de le fixer avec certitude. On est alors obligé, pour le calcul des organes, non seulement de s'assurer de leur indéformabilité sous l'action des forces correspondant au fonctionnement normal de la machine, mais encore de vérifier que leur limite élastique n'est pas atteinte pour une pression motrice voisine de 100 kg. Ces conditions conduisent à donner aux organes des formes plus robustes que celles usitées pour les moteurs à gaz ordinaires, ainsi que le montre le petit tableau suivant qui indique le poids des principales pièces mobiles pour un moteur Korting et pour un moteur Diesel de même alésage (600) et de même course (700) :

	POIDS	
	Korting	Diesel (marin)
Piston	600 kg	800 kg
Bielles	680	1 350
Total	1 280 kg	2 150 kg

On est naturellement conduit à profiter de cet alourdissement inévitable des pièces mobiles pour équilibrer une part importante de l'effet du gaz par les forces d'inertie et en diminuant ainsi l'écart entre les valeurs extrêmes de l'effort moteur. Si l'on adopte des vitesses de piston voisines de 6 m, à l'imitation des dernières machines à vapeur alternatives construites par l'Amirauté Britannique⁽¹⁾, il est possible de compenser, à chaque bout d'une course motrice, la moitié de la pression de gaz, et de donner ainsi une valeur presque constante à l'effort transmis par la bielle lorsqu'elle est motrice (fig. 1). Reste à savoir si de telles vitesses de piston sont admissibles avec des moteurs Diesel; c'est ce que nous examinons un peu plus loin.

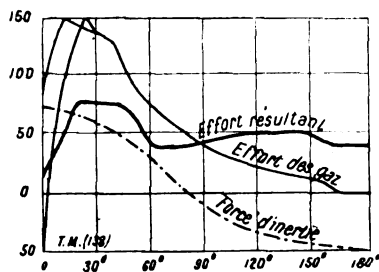


FIG. 1. — Courbes des efforts totaux sur le piston d'un moteur Diesel.

La pièce dont les ruptures en service sont les plus fâcheuses est certainement l'arbre à manivelles; il importe donc de savoir le proportionner convenablement. La pratique des machines à piston a montré que des déformations élastiques, entre deux paliers, devaient être inférieures à une certaine limite, si l'on voulait éviter les grippements systématiques. Si l'on appelle α l'angle

$$\alpha < \frac{5}{10\,000}$$

formé par la ligne élastique avec l'horizon dans le plan milieu de chaque palier, on doit toujours vérifier l'inégalité :

(1) Croiseur *Defence*, construit en 1907. Les vitesses de piston des moteurs Diesel actuellement employés sur de petits bâtiments de guerre tels que les sous-marins, n'excèdent pas 4 m, 800.

grands, lorsque l'allure de régime est atteinte (et cela dans l'hypothèse où la vitesse de piston atteint le maximum pratique admissible; dans l'hypothèse où la vitesse de piston n'excéderait pas les valeurs actuellement employées, la différence des efforts serait encore plus grande).

D'un autre côté, le moment moteur produit par un cylindre unique, à simple effet, fonctionnant en Diesel à 2 temps a, comparativement à celui produit par un cylindre de machine à vapeur marine, l'allure indiquée par la figure 2; il s'ensuit que les variations du couple de torsion autour de la valeur moyenne sont beaucoup plus amples pour celui-là et, qu'à égalité de puissance totale produite, les charges de l'arbre-manivelle sont plus considérables pour un moteur Diesel polycylindrique, principalement lorsque le nombre des cylindres n'est pas très élevé. Mais, même si l'on emploie huit cylindres à 2 temps, et si leurs manivelles sont convenablement décalées sur toute l'étendue de la

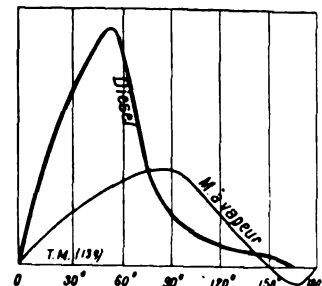


FIG. 2. — Graphique des moments moteurs comparés d'un moteur Diesel (2 cylindres à 180°) et d'une machine à vapeur à 1 cylindre à double effet.

la circonférence, il n'en subsiste pas moins des couples synchronisants harmoniques beaucoup plus sensibles que dans le cas des machines à vapeur, et par conséquent plus dangereux encore que ceux de celles-ci, déjà suffisants pour produire la rupture des arbres porte-hélices au bout d'un temps de service plus ou moins prolongé.

En fait, parmi les moteurs Diesel actuellement en service dans les diverses marines, beaucoup ont déjà eu à subir des ruptures d'arbres-manivelles au voisinage du volant disposé à l'AR de la dernière manivelle, et cela malgré le taux de travail très faible adopté pour leur échantillonnage. Aussi, dans les constructions actuelles, est-on contraint d'exécuter les pièces en aciers spéciaux à haute limite élastique (acier au nickel-chrome), d'un usinage très difficile, très coûteux, et, par surcroît, assez souvent victimes de défauts survenus lors du traitement métallurgique et décelés seulement au cours d'achèvement. Il est donc probable que, pour la réalisation des arbres-manivelles de 380 à 500 mm de diamètre nécessaires aux gros moteurs de 8000 HP, on sera contraint de recourir au mode de construction dénommé « built up », c'est-à-dire par assemblage de diverses pièces distinctes, chacune d'elles ayant des dimensions relativement restreintes et étant, par suite, d'une fabrication et d'un changement après avarie plus faciles.

La suppression des volants, qui est possible dès que le nombre des cylindres est suffisamment élevé⁽¹⁾, diminuera d'ailleurs, dans une très forte proportion, les causes de rupture des arbres-manivelles.

RÉFRIGÉRATION DES PISTONS. — Le premier obstacle rencontré par les constructeurs qui ont cherché à construire des moteurs Diesel de grandes dimensions a été la nécessité de refroidir les pistons, pour lesquels on ne peut guère adopter les organes de circulation d'eau usités depuis longtemps dans les moteurs horizontaux à marche relativement lente. Il est d'ailleurs indispensable de limiter le jeu diamétral de ces pistons à des valeurs extrêmement petites, afin d'éviter les fuites lors de la compression et aussi lors de la combustion; il faut donc, pour éviter les coincements dans le cylindre, éviter, d'une part les déformations dues aux efforts dissymétriques appliqués (réaction de la bielle) et,

(1) A condition d'organiser, d'une manière spéciale, la régulation du lancement à l'air comprimé. Nous indiquerons la manière de procéder dans un prochain article.

d'autre part, les différences de dilatation entre l'enveloppe (qui est refroidie par une circulation d'eau) et le corps du piston lui-même.

On a songé naturellement à utiliser, pour les refroidir, l'huile employée au graissage forcé. Sur les petits moteurs, il suffit de percer un trou de dimensions convenables dans la chape du pied de bielle; sur les gros, il est nécessaire de faire circuler effectivement une masse d'huile contenue dans des capacités intérieures du piston et, par suite, de prendre des dispositions spéciales pour éviter les chocs d'inertie dans cette masse de liquide en mouvement absolu et relatif. L'étude des charges produites par le mouvement montre qu'avec une vitesse de piston de 6 m, les variations de pression à l'entrée des capacités du piston atteignent 5 kg 400 par centimètre carré; il faut donc que la pompe chargée de forcer l'huile à travers tout l'attelage ait une puissance suffisante pour entretenir une pression d'au moins 6 kg dans le canal de l'axe du pied de bielle, malgré les pertes aux joints réparties sur tout le circuit de refoulement. Il faut aussi que le débit d'huile dans le piston soit d'au moins 50 l par cheval indiqué et par heure ⁽¹⁾, condition qui conduit à donner à la pompe des dimensions considérables lorsqu'on veut lui faire desservir plusieurs attelages puissants.

Lorsque l'on connaît la quantité d'huile circulant dans le piston, il est possible de calculer, avec une approximation satisfaisante, sa température moyenne dans les différentes tranches perpendiculaires à son axe de révolution; le même calcul peut également se faire pour le cylindre (refroidi à l'eau), et il est alors facile de déterminer les jeux diamétraux minima à réserver entre les deux organes pour éviter le coincement, même lors d'un ralentissement brusque. (Dans ce cas, en effet, le piston conserve ses dilatations plus longtemps que le cylindre.)

VITESSE DU PISTON. — Dans les machines marines à vapeur, la vitesse de piston est limitée par les conditions de bon fonctionnement des guides chargés d'assurer son mouvement rectiligne (patin et glissière). Lorsque cette vitesse est, en effet, trop grande, les déformations de ces organes causées par l'élévation de la température d'équilibre des surfaces flottantes s'ajoutent pour incurver très notablement les trajectoires des divers points de la tige du piston et du piston lui-même, et il en résulte des avaries majeures dans les presse-étoupes. Ces organes n'existant pas dans les moteurs à simple effet, on a pu, pour ces derniers, accroître très notablement la vitesse de leurs pistons (par exemple pour les moteurs Westinghouse et les moteurs Willans). La même circonstance a permis d'élever jusqu'à 12 m et plus la vitesse de piston de beaucoup de petits moteurs à essence.

Les moteurs Diesel marins bénéficient, eux aussi, de l'absence de presse-étoupes ⁽²⁾, mais les pressions unitaires développées entre le piston et le cylindre par la réaction horizontale du pied de bielle sont considérables, étant donnée la grandeur des efforts en jeu. Il en résulte qu'il serait imprudent de les traiter comme de petits moteurs à essence et d'accélérer, sans mûre réflexion, la vitesse de leurs pistons. Dans un gros moteur à deux temps actuellement en construction, on s'est servi de la bielle de la pompe de balayage pour décharger le piston principal d'une partie de la réaction de la bielle motrice, ainsi que le montre la figure 3. Lors de la course motrice (de haut en bas), le piston de balayage aspire l'air extérieur; et cet effort, joint à celui de son

inertie, transmet une force de traction sur le bouton *b* de la bielle principale, opposé à la réaction horizontale qu'elle transmet au piston *P*. Le phénomène change de sens dans la deuxième partie de cette course, mais alors le piston moteur parcourt les régions du cylindre à température moyenne relativement basse, pouvant, par suite, supporter des pressions unitaires plus considérables.

Il serait trop long de traiter ici cette question dans tous ses détails; mais on voit qu'il est possible, par un agencement convenable des organes accessoires du moteur, de réduire les efforts dissymétriques transmis au piston, et par conséquent d'accélérer sa vitesse sans avoir à redouter des ovalisations trop rapides. C'est là, d'ailleurs, un des points qui doivent retenir le plus l'attention des constructeurs; et l'expérience des machines actuellement en essais montrera s'il convient ou non de doter les attelages mobiles des moteurs Diesel marins d'un organe spécial de guidage, ou s'il suffit, au contraire, de s'en rapporter à leur forme allongée et à une exécution très soignée de surfaces en contact (rectification intérieure et extérieure) pour assurer leur mouvement rectiligne sans usure notable du cylindre.

On remarquera, dans la figure 3, que le piston moteur est composé de deux parties distinctes: la partie supérieure *A*, pourvue de la circulation d'eau, est un organe d'étanchéité, un piston véritable; l'autre, *B*, est plutôt un coulisseau, pourvu seulement de trois garnitures supplémentaires, et frotte seule sur le cylindre. Les avaries ⁽¹⁾, toujours à redouter pour des organes en contact avec des gaz à 1.800°, se localisent ainsi dans la partie *A*, dont le remplacement est relativement aisé et ne nécessite pas le réajustage du pied de bielle.

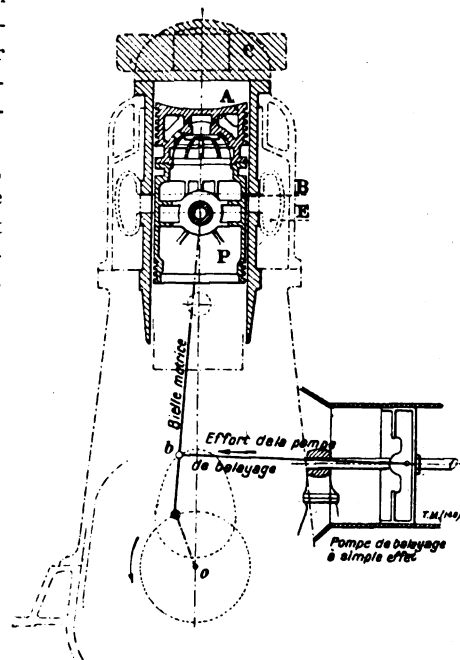


FIG. 3. — Coupe verticale schématique d'un moteur Diesel à 2 temps.

BALAYAGE. — Le fonctionnement en deux temps des moteurs Diesel ne diffère pas essentiellement de celui des moteurs Körting ou Oechelhäuser, en principe tout au moins: un organe spécial est chargé de forcer, à travers le cylindre, la charge d'air frais remplaçant les gaz brûlés. L'accord est, il est vrai, loin d'être établi au sujet des dimensions à donner à cet organe: les uns veulent une pompe engendrant un volume égal à 1,8 fois celui du cylindre moteur, les autres se contentent de 1,25 fois ce volume.

Lorsque la machine est polycylindrique, il est possible de munir chaque attelage moteur de sa pompe ou bien de disposer, à chaque extrémité ou au centre de la batterie des cylindres moteurs, deux cylindres à double effet entretenant une pression

(1) Dans les moteurs horizontaux alimentés au gaz de haut fourneau, on fait circuler en général 100 à 140 l d'eau par cheval indiqué, dont 30 % sont réservés au piston. Mais ces chiffres sont purement empiriques, et sont, en général, exagérés.

(2) Il semble difficile de réaliser des moteurs Diesel marins à double effet, à cause de l'encombrement vertical de pareilles machines, et sans même parler des difficultés constructives considérables résultant de la présence de soupapes aux deux extrémités des cylindres.

(1) Ces avaries se produisent principalement lors de manœuvres (faites à l'air comprimé) succédant à une période de marche au pétrole. L'air, refroidi par la détente produisant du travail, fait subir ainsi au piston d'assez brusques alternatives de froid et de chaud. Il est à peu près indispensable de faire les pièces telles que *A* en acier pour éviter les ruptures dans de telles conditions.

de 0 kg 300 environ dans le collecteur de balayage. Tous ces dispositifs sont, aujourd'hui, employés suivant les préférences des constructeurs, et la pratique journalière n'a pas encore consacré les meilleurs.

Il est certain, par ailleurs, que de sensibles progrès sont réalisables de ce côté. La puissance employée au balayage peut probablement être empruntée avec profit à l'énergie résiduelle des gaz d'échappement qui, à leur sortie du cylindre moteur, contiennent sous forme cinétique 8 à 10 fois celle nécessaire strictement au très faible travail correspondant au déplacement des gaz brûlés et à l'aspiration du volume d'air combustible nécessaire aux cylindres. Crossley et Atkinson avaient réalisé cet emprunt d'énergie, dans de petits moteurs, en donnant une longueur très grande au tuyau d'échappement : l'inertie de la colonne gazeuse ainsi mise en mouvement au début de l'échappement était suffisante pour produire l'aspiration de l'air extérieur, en créant dans le cylindre une dépression relativement considérable. Le défaut d'un tel arrangement est de ne pas être aisément contrôlable et, surtout, de ne pas permettre un réglage pendant la marche et selon les demandes du moteur. Mais il est possible de perfectionner le procédé, en substituant à l'inertie de la colonne gazeuse la force vive d'organes mécaniques. On peut concevoir, par exemple, que la pression de balayage dans le collecteur d'air frais soit entretenue par une soufflante à 2 ou 3 phases, mue électriquement au début d'une marche, et, une fois la période de mise en route franchie, entraînée par une turbine réceptrice à très basse pression actionnée par la vitesse des gaz d'échappement. (Les appareils centrifuges et les turbines conviennent bien pour débiter les grands volumes de gaz sous faible pression dont il s'agit ici.) Quoi qu'il en soit, de telles installations n'ont pas encore été réalisées, et le constructeur doit, à l'heure actuelle, se résigner à dépenser, pour balayer le cylindre moteur, une partie de l'énergie motrice; toute son ingéniosité doit s'employer à réduire au minimum les pertes de charge réparties sur toute l'étendue du circuit d'air, depuis l'aspiration des pompes jusqu'à la soupape d'introduction d'air logée dans la culasse. C'est ce qui

explique les nombreux types de clapets légers étudiés par les constructeurs allemands pour leurs pompes (Clapets *Horbig*, circulaires, formés d'une lame d'acier fixée en 3 points par 3 antennes plates très flexibles; Clapets *Gutermuth*, formés de la juxtaposition d'un grand nombre de petits ressorts plats, attachés par une extrémité enroulée en spirale, comme un ressort de montre, etc., etc.). D'autres constructeurs ont eu recours aux tiroirs cylindriques à orifices multiples, à l'imitation de Körting, ou encore à des robinets Corliss, à l'imitation des praticiens en machines soufflantes pour hauts fournaux, qui engendrent également de grands volumes d'air sous faible pression.

Le réglage de la levée de la soupape de balayage est une question presque aussi délicate que la réalisation de la pompe chargée de lui fournir l'air sous pression. Si sa levée est trop rapide, il se produit un choc entre cet air et les gaz brûlés restant encore dans le cylindre, et les oscillations de pression qui résultent de ce choc peuvent annuler à peu près complètement l'effet cherché par l'injection d'air frais, les gaz brûlés faisant retour dans le cylindre et y étant enfermés par le jeu de la distribution. Cet accident s'est souvent produit lors de la mise en route des premiers moteurs Oechelhäuser. Mais il est permis d'espérer, toutefois, qu'il sera toujours possible de trouver un tracé de came et un angle de culage assez satisfaisants pour que cet inconvénient soit, sinon totalement évité, du moins très atténué. En tout cas, dans des cylindres de grandes dimensions longitudinales, le temps mis par l'onde de pression pour se propager depuis la culasse jusqu'aux lumières d'échappement n'est pas négligeable et correspond, pour des vitesses angulaires élevées, à des angles de manivelle de 5 et même 8°. C'est dire qu'il faut s'attendre à la nécessité de faire varier, suivant la vitesse, l'avance angulaire de la came de balayage, et de disposer, par suite, les connexions mécaniques en conséquence.

Nous continuerons à examiner, dans un prochain article, les diverses questions constructives soulevées par la réalisation des moteurs Diesel manœuvres à deux temps.

(A suivre.)

M. DROSNE,
Ingénieur de la Marine.

GÉNIE MARITIME

LES APPLICATIONS FRIGORIFIQUES A BORD DES NAVIRES DE GUERRE

RÉFRIGÉRATION ET VENTILATION DES SOUTES A POUDRES B (1)

(Suite.)

Les ventilateurs doivent refouler dans des frigorifères et non y aspirer. Les fuites accidentelles d'air froid ont, en effet, moins d'inconvénient que les rentrées inopinées d'air chaud, toujours humide, qui nécessite pour sa réfrigération, et surtout sa dessiccation, une grande quantité de frigorifères.

Pour la même raison, il devra toujours régner, dans les soutes, une légère surpression plutôt qu'une dépression.

La disposition et la forme des canaux d'air qui relient les ventilateurs et les frigorifères aux soutes doivent faire l'objet d'une étude approfondie.

On a intérêt, comme nous l'avons déjà fait remarquer, à avoir

des canaux d'air très courts, à grandes actions, dont les variations soient progressives, et qui présentent le minimum de coudes brusques.

On ne peut malheureusement pas toujours, vu le peu de place dont on dispose à bord, réaliser toutes ces conditions à la fois, et on est souvent amené à installer des canaux à faible section dans lesquels la vitesse de l'air atteint plus de 10 mètres à la seconde, ce qui crée des pertes de charges notables et oblige à prévoir des ventilateurs à hautes pressions qui ont l'inconvénient que nous venons de signaler.

La figure 23 est un schéma représentant, développé sur un plan, le tracé des canaux d'air relatifs à un sous-groupe de soutes.

Ces canaux sont en tôle ou en bois. On préfère en général à bord la tôle, à cause de la sécurité qu'elle offre contre l'incendie. Les sections sont carrées, circulaires, elliptiques, aplaties, sui-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 6 (juin 1911), p. 325; n° 7 (juillet 1911), p. 407; n° 8 (août 1911), p. 315; n° 9 (septembre 1911), p. 496, et n° 10 (octobre 1911), p. 545.

de tableaux qui sont à consulter pour le réglage des vannes.

Les appareils enregistreurs placés dans les soutes donneront aussi des indications utiles.

En résumé, le réglage et la conduite des installations de réfrigération et de ventilation des soutes à poudres B ne présentent pas, avec le personnel discipliné du bord, de bien grandes difficultés pratiques.

APERÇU DU MODE DE CALCUL DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DESTINÉES A LA RÉFRIGÉRATION ET A LA VENTILATION DES SOUTES A POUDRES.

Pour faire ce calcul, il faut être en possession des relevés des températures des locaux avoisinant les soutes dans diverses

2° Cubes d'air devant circuler dans les soutes. — Ces cubes doivent être tels que l'air qui se réchauffe doit emporter avec lui les calories provenant des causes suivantes :

a) Déperditions superficielles ;

b) Influence des exercices : ouverture des portes, présence des hommes, réchauffement des matériaux des soutes.

Soit A le nombre de calories, somme de a) et de b).

Le cube d'air est égal à :

$$(1) \quad V = \frac{A}{d \times c (t_1 - p_1 - t_2 + p_2)} \text{ ou } A = f(t).$$

Dans les cas où l'air entre dans les soutes à la température de 20°, et sort à 25°, ce qui donne un écart de 5° qui est

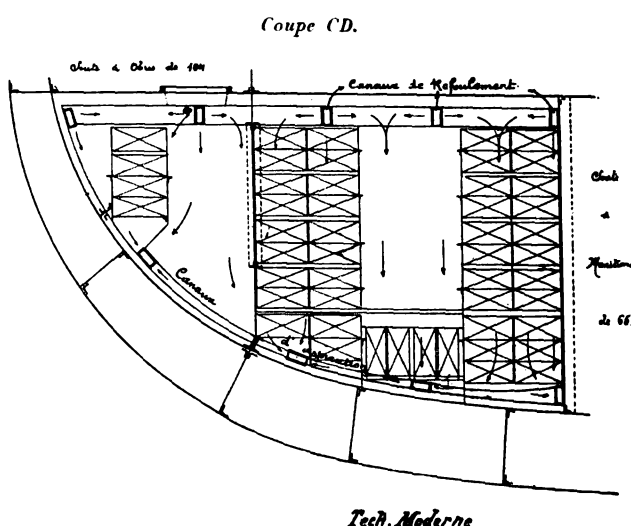
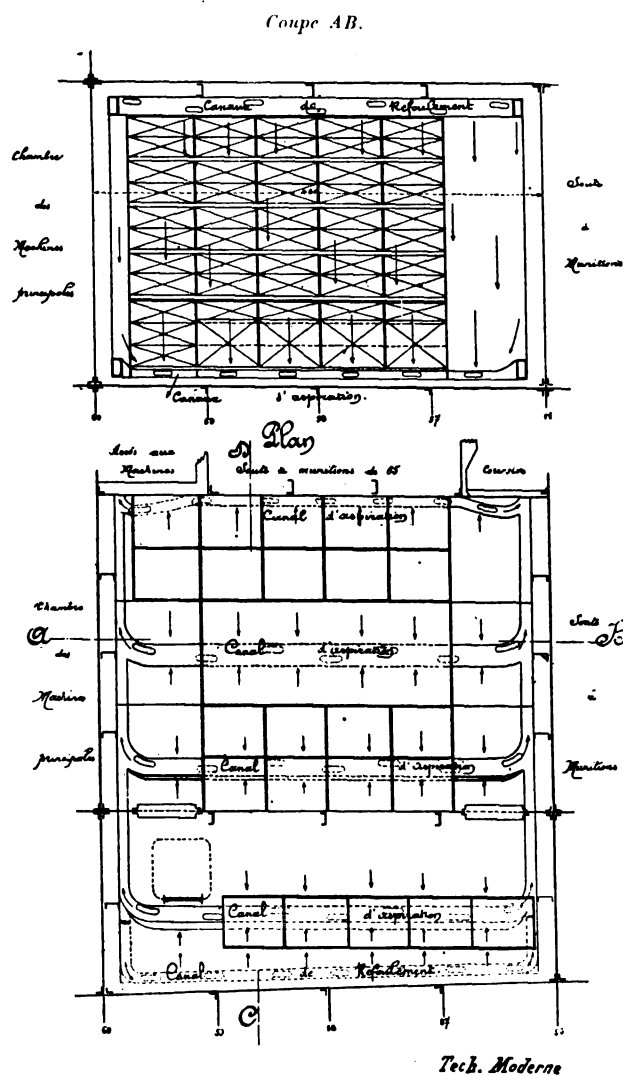


FIG. 24. — Canaux d'air dans une soute à poudre pour munition de 194.

jugé convenable, le cube d'air s'exprime par l'équation (1 bis).

$$(1bis) \quad V = \frac{A}{d \times c \times 5},$$

d, étant la densité de l'air ;

c, sa chaleur spécifique ;

t, la température de l'eau de mer ;

t₁, la température d'entrée d'air au frigorigère ;

p₁, le réchauffement de l'air depuis la sortie des soutes jusqu'à l'entrée au frigorigère ;

t₂, la température de sortie du frigorigère ;

p₂, le réchauffement de l'air depuis la sortie du frigorigère jusqu'à l'entrée des soutes.

On suppose, pour simplifier, que le produit dc = 0,3.

Les calculs doivent être faits par sous-groupes et par soutes dans le cas où un sous-groupe dessert plusieurs soutes.

Les réchauffements p₁, p₂ sont calculés pour le circuit le plus exposé aux réchauffements extérieurs et qui donne lieu aux plus grandes pertes de charge.

$$(2) \quad p_1 = \frac{s_1 K_1 [T - (t_1 - p_1)] + \frac{V h_1}{425}}{V \times c \times d}.$$

$$(3) \quad p_2 = \frac{s_2 K_2 (T - t_2) + \frac{V h_2}{425}}{V \times c \times d}.$$

s₁, s₂, étant les surfaces des canaux isolés exposés au réchauffement ;

K₁, K₂, le coefficient de déperdition qu'il est bon de prendre pour toute sécurité, égal à 1,5 ;

hypothèses de températures d'air extérieur et d'eau de mer, ou tout au moins dans les hypothèses les plus défavorables. On évalue approximativement l'influence perturbatrice due aux exercices journaliers et on commence les évaluations.

La méthode qui a été appliquée est la suivante :

1° *Déperditions superficielles.* — On adopte, pour ce calcul, les coefficients de transmission suivants :

Liège aggloméré	0,075
Bois incombustibilisé	0,20
Fer	60

On se réserve une marge suffisante en majorant de 25 % les résultats obtenus ;

h_1, h_2 , les pertes de charge dans les canaux d'air, depuis l'origine de l'aspiration dans les soutes jusqu'au frigorifère, ou depuis le frigorifère jusqu'au débouché du refoulement dans les soutes;

T , la température du local des aéroréfrigérants.

Les coefficients ρ_1, ρ_2 sont sensiblement constants pour tous les régimes, car si les réchauffements diminuent avec la température, les cubes d'air à faire circuler diminuent aussi.

3° *Calcul des pressions dynamiques des ventilateurs.* — On calcule les résistances offertes par chaque circuit de ventilation

au moyen des formules ordinaires, après avoir développé sur un plan le contour des canaux d'air.

On doit majorer le nombre ainsi calculé pour tenir compte des irrégularités des canaux (non chiffrées dans les calculs), des imperfections de pose, et de la rugosité intérieure des surfaces.

4° *Calcul de réchauffement sur les trajets des canaux d'air.* — On effectue ce calcul par les formules 2 et 3.

(A suivre.)

LÉON LEFEBVRE,
Ingénieur des Arts et Manufactures,
Directeur général
de la Société du Froid Industriel.

CHEMINS DE FER

LES DERNIERS TYPES DE LOCOMOTIVES A L'EXPOSITION DE TURIN 1911

I. — Locomotives type « Pacific » à quatre cylindres à admission directe et à surchauffe.

Les essais prolongés, comme les applications définitives, de la surchauffe aux locomotives, ont montré que ce mode d'emploi de la vapeur permet de réaliser des avantages importants, tant comme économie de combustible et d'eau, que sous le rapport de l'augmentation de puissance et de vitesse des machines. Après quelques tâtonnements et modifications, on est aussi arrivé à obtenir un fonctionnement mécanique satisfaisant des organes en contact avec la vapeur, de sorte que, en France tout au moins, la surchauffe s'est imposée pour les locomotives de trains directs et qu'on n'en construit pour ainsi dire plus d'autres pour ces services à l'heure présente.

Sur un seul point, les grandes Compagnies françaises ne se sont pas trouvées d'accord : la plupart ont appliqué la surchauffe tout en conservant le système compound (dont l'effet est identique puisque le résultat est, dans les deux cas, une réduction des condensations par l'effet des parois), tandis que la Compagnie P.-L.-M., après des essais méthodiques prolongés, a employé, comme les Chemins de fer de l'Etat belge, la surchauffe avec admission directe de vapeur aux cylindres, cette vapeur travaillant donc en simple expansion ⁽¹⁾. Dans les essais effectués entre la locomotive « Pacific » n° 6101 ainsi équipée et une autre locomotive (n° 6001) du même type, mais munie de quatre cylindres travaillant en compound et alimentés de vapeur saturée, la première a réalisé, sur un parcours total de 75 000 km, une économie moyenne de charbon de 16,53 % par cheval-heure absorbé au crochet du tender, et une économie moyenne d'eau de 18,82 % correspondant à une égale augmentation de puissance. (Par contre, au chemin de fer d'Orléans, l'emploi simultané du système compound et de la surchauffe a été trouvé plus économique que la surchauffe seule.)

Ces avantages sont à peu près du même ordre que ceux que la Compagnie avait constatés, dans des essais antérieurs effectués sur des machines séries 2600 et 2700, en faveur du type compound à surchauffe sur le type compound sans surchauffe.

Mais il est à noter qu'ici la machine 6101 est timbrée seulement à 12 kg, tandis que la 6001 fonctionne à la pression de 16 kg, nécessaire à une marche économique en compound ; or, la pression de 12 kg fatigue beaucoup moins les chaudières que celle de 16 kg : c'est là un avantage très important en faveur de

l'emploi de la surchauffe. On conçoit donc que la Compagnie ait adopté, pour les trente locomotives à grande puissance qu'elle avait à faire construire en vue d'une augmentation importante de la charge et de la vitesse de ses trains rapides, de préférence au système compound avec ou sans surchauffe, le fonctionnement à admission directe avec surchauffe, qui offre par ailleurs sur le système compound d'autres avantages reconnus de simplicité de construction et de conduite. La Compagnie a cependant l'intention, pour que l'expérience soit plus décisive encore, de commander ensuite un lot de locomotives qui seront à la fois compound et à surchauffe.

La Compagnie P.-L.-M. expose à Turin la locomotive n° 6101 qui a servi aux essais relatés ci-dessus. Cette locomotive, comme la 6001, avait été construite sur un programme comportant une augmentation de puissance de la chaudière de 25 % environ par rapport à celle du dernier type de machine (série 2600 à bogie et à six roues couplées de 2 m) utilisé pour la remorque des trains rapides de la grande ligne. Le fonctionnement de la machine 6101 étant par analogie plus économique de 19 % que celui des 2600, sa puissance est donc en réalité supérieure de $1,25 \times 1,19$ ou 37,5 % à celle de ces dernières ; la machine 6101 a même pu traîner au « Côte d'Azur Rapide » une charge supérieure de 64 % (455 t au lieu de 278) à la charge normale des machines de la série 2600. Avec cette même charge normale, la machine 6101 a, d'autre part, gagné, sur l'horaire du « Côte d'Azur Rapide » dix-sept minutes entre Laroche et Blaizy (133 km, pour lesquels il est alloué quatre-vingt-dix-neuf minutes).

Les conditions principales d'établissement de la machine 6101 sont les suivantes :

Longueur développée de la grille	2,135 m
Largeur	2,086 m
Surface	4,25 m ²
Hauteur intérieure du foyer à l'avant	2,016 m
— — — — — à l'arrière	1,530 m
Nombre de tubes à fumée de 0 ^m ,055 de diamètre extérieur	143
Nombre de tubes à fumée de 0 ^m ,133 de diamètre extérieur	28
Longueur entre les plaques tubulaires	6,000 m
Diamètre extérieur des tubes surchauffeurs	0,035 m
Surface de chauffe du foyer	15,87 m ²
— — — — — des tubes	202,24 m ²
— — — — — totale	218,11 m ²
Rapport de la surface de chauffe à celle de la grille	51,31
Surface de surchauffe	70,63 m ²
Rapport de la surface de surchauffe à celle de chauffe	0,323
Diamètre intérieur de la grande virole du corps cylindrique	1,688 m

(1) La Compagnie du Midi a aussi en service ou en construction six locomotives ten-wheel et trente-sept à cinq essieux couplés reçues ou commandées en 1910, mais la même année elle avait reçu vingt-six machines Compound, dont quatre avec surchauffeur.

Hauteur de l'axe du corps cylindrique au-dessus du rail	2,900 m
Volume d'eau de la chaudière avec 0 ^m ,100 au-dessus du ciel de foyer	8,150 m ³
Volume de vapeur	3,670 m ³
Capacité totale de la chaudière	11,820 m ³
Timbre de la chaudière	12 kg
Diamètre des roues motrices avec bandages de 0 ^m ,070 d'épaisseur	2,000 m
Diamètre des cylindres	0,480 m
Course des pistons	0,650 m
Avance des manivelles des cylindres intérieurs sur celles des cylindres intérieurs	180°
Recouvrement des tiroirs à l'admission	0,030 m
— — à l'échappement	0,004 m
Introduction moyenne maximum sur les deux faces des pistons	70 %
Section des lumières d'admission	0,0205 m ²
— — d'échappement	0,0205 m ²
— du tuyau d'admission	0,0154 m ²
— — d'échappement	0,0240 m ²
— pour l'ouverture maximum de l'échappement	0,0223 m ²
— — minimum	0,0150 m ²
Poids de la locomotive à vide	83 200 kg
— — en ordre de marche	92 800 kg
— — adhérent en ordre de marche	55 500 kg
— du tender à vide (poids moyen)	28 290 kg
Contenance des caisses à eau	28 000 l
— des soutes à charbon	5 000 kg
Poids total du tender avec les approvisionnements au complet	61 940 kg

DESCRIPTION. — La locomotive 6 101 (fig. 1) se caractérise aussi par sa boîte à feu, qui est du type Crampton, ou en berceau.

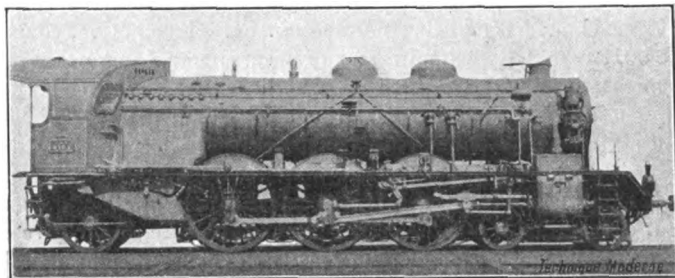


FIG. 1. — Vue de la locomotive type *Pacific* à 4 cylindres à admission directe et à surchauffe de la Compagnie des Chemins de fer P.-L.-M.

alors que, dans la construction française, c'est le type Belpaire à dessus plat qui est normalement employé pour les locomotives puissantes. Les *Chemins de fer du Midi* possèdent cependant une trentaine de locomotives à cinq essieux couplés munies de la boîte à feu Crampton, peut-être parce que les premières ont été construites en Allemagne. L'attache du dessus de l'enveloppe au ciel de foyer, qui s'effectue dans les deux types au moyen de tirants vissés, est moins facile dans le premier, et on doit donner à la tôle une épaisseur plus grande que dans le second pour obtenir un nombre suffisant de filets complets. Mais la construction de ce dessus, surtout dans sa liaison avec le corps cylindrique, est grandement facilitée, la solidité en est plus grande, et le mécanicien peut plus facilement observer les signaux et la voie.

La boîte à feu est en acier et du type débordant, c'est-à-dire qu'elle passe par-dessus les longerons et les roues porteuses arrière, condition nécessaire lorsqu'on veut obtenir une surface de grille supérieure à 3^m,25. Une rangée de tirants transversaux relie les deux flancs dans la partie où ils sont plans et non armaturés par les entretoises du foyer. Les parois avant et arrière sont inclinées, ainsi que celles du foyer, sur l'arrière, pour reporter plus à l'avant la masse de la chaudière et décharger l'essieu du

bissel; enfin la face arrière de l'enveloppe est consolidée au-dessus du foyer par des armatures en tôle et par deux tirants longitudinaux attachés au corps cylindrique par des agrafes.

Le foyer est en cuivre; les entretoises qui relient ses flancs à la boîte à feu sont en bronze manganèse, sauf vers le bas où elles sont en cuivre, — métal moins résistant à la traction, mais s'usant moins sous le frottement du charbon et des outils de chauffe. Une voûte en briques courte, prenant comme à l'ordinaire au-dessus de la rangée inférieure de tubes à fumée et s'élevant à peu près parallèlement à la grille, aide à la fumivortité et protège la plaque tubulaire et les extrémités de tubes contre la flamme et le rayonnement du charbon incandescent. La grille est formée de deux longueurs de barreaux fixes longitudinaux et d'un jette-feu à barreaux transversaux. La porte de chargement s'ouvre de bas en haut vers l'intérieur du foyer; elle est en trois parties, se manœuvrant au moyen de deux leviers à contrepoids commandant chacun l'un des vantaux extrêmes, lesquels entraînent tous les deux la partie du milieu.

Le corps cylindrique est formé de trois viroles assemblées à recouvrement; les rivures longitudinales sont au contraire à francs bords, avec double couvre-joint.

Les tubes à fumée sont lisses en raison de leur grande longueur; malgré qu'ils soient en acier comme le corps cylindrique, ils présentent une dilatation plus grande que ce dernier, et s'ils avaient été du système à ailerons, habituellement employé par la Compagnie, ils auraient, en raison d'une plus grande rigidité, exercé sur les plaques tubulaires, lors de leur allongement, un effort de poussée risquant de faire bomber ou craquer ces dernières. Les tubes destinés à recevoir les éléments surchauffeurs occupent les trois rangées supérieures; ces éléments sont en tube d'acier de 35 × 28. Ils prennent la vapeur dans un collecteur disposé dans la boîte à fumée, contre la plaque tubulaire, et mis en communication avec le dôme au moyen d'un régulateur à soupape équilibrée type P.-L.-M. et d'un tuyau intérieur; et ils la rendent surchauffée dans un second compartiment du collecteur, d'où elle se rend aux boîtes à tiroirs par deux tuyaux partant des extrémités de ce compartiment.

L'échappement est variable et à cône mobile, type Kœchlin; les soupapes de sûreté, du type P.-L.-M., sont montées sur un piétement rivé sur le corps cylindrique.

Les cylindres sont disposés en batterie entre les roues et les essieux du bogie; les cylindres extérieurs, qui commandent le second essieu couplé, sont horizontaux; les cylindres intérieurs commandent le premier essieu couplé et sont légèrement inclinés. Ces deux essieux et le suivant sont accouplés par des bielles.

Les tiroirs sont cylindriques et admettent la vapeur par les arêtes intérieures; ils sont actionnés par un seul mécanisme de Walschaerts, extérieur, qui attaque les tiroirs extérieurs directement, et les tiroirs intérieurs par un balancier articulé au milieu de sa longueur aux longerons. Le recouvrement des tiroirs à l'admission est de 30 mm, et le recouvrement à l'échappement de 4 mm. Le graissage des cylindres et tiroirs est effectué par un graisseur à condensation à huit départs, soit deux pour chaque boîte à vapeur; chaque cylindre est muni en outre d'un graisseur à boule, de secours. Des soupapes de rentrée d'air (on peut rappeler qu'elles ont été employées pour la première fois par M. Ricour, au réseau de l'État, en 1880) sont placées sur les tuyaux d'admission pour éviter la production d'un certain vide dans les cylindres pendant la marche à régulateur fermé, puis l'aspiration de gaz chauds et de cendres par les pistons, et permettre comme conséquence l'emploi, pour le graissage, des tiroirs d'huile minérale, nécessaire d'autre part à leur bon fonctionnement. L'emploi de ces soupapes rend encore les machines Compound, ou les machines à simple expansion munies de tiroirs cylindriques, plus libres dans la marche à régulateur fermé. La machine est munie de robinets d'injection de vapeur et d'eau dans l'échappement pour la marche en contre-vapeur.

Les longerons sont en tôle d'acier de 28 mm et reliés par les traverses d'attelage, des traverses intermédiaires en acier coulé et par les cylindres intérieurs. Les essieux sont percés dans toute leur longueur d'un trou axial de 4 mm; les bras de manivelles de l'essieu coudé ont une forme elliptique et sont frettés; les tourillons sont traversés par un boulon de sûreté, qui ne subit pas les fissures qui se déclarent après un certain temps de marche au congé de raccordement des tourillons avec les bras de manivelles.

Le graissage des fusées s'effectue uniquement par les tampons

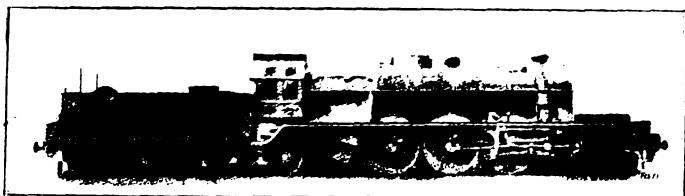


FIG. 2. — Vue de la locomotive, système Flamme, à 4 cylindres égaux et à surchauffe, pour trains rapides des Chemins de fer de l'Etat belge.

à ressort dont sont munis les dessous de boîtes, sans amenée d'huile par le coussinet. Les essieux sont chargés par des ressorts à lames, en dessous; les ressorts des roues couplées sont reliés par des balanciers longitudinaux tendant à conserver, malgré les inégalités de la voie, l'invariabilité des charges sur les roues.

Le bogie est du type bien connu de la Compagnie, à pivot central sphérique et plans inclinés contrôlant le déplacement latéral en courbe, le rappel, dans les retours en alignement droit, s'opérant par la gravité; ce déplacement latéral peut atteindre 60 mm. A l'arrière, le châssis proprement dit repose également par un appui sphérique sur la traverse milieu du châssis du bissel arrière; ce dernier peut se déplacer de 66 mm de chaque côté de l'axe, et le rappel se fait aussi par la gravité, la crapaudine du bissel reposant sur un siège à surfaces hélicoïdales inclinées à 15 %, qui, dans le mouvement inverse — c'est-à-dire en cas

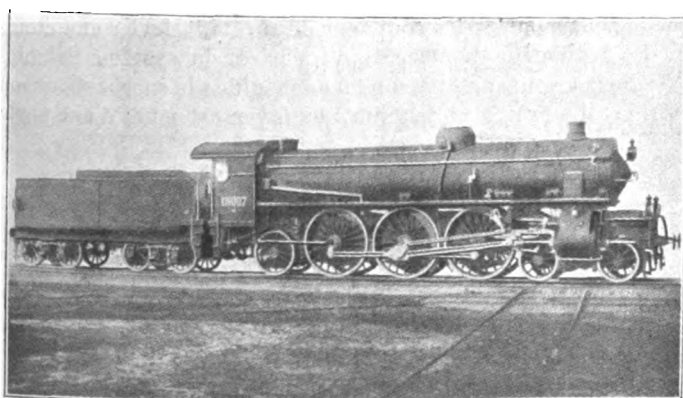


FIG. 3. — Vue de la locomotive *Pacific* à 4 cylindres égaux et à surchauffe des Chemins de fer de l'Etat italien.

d'entrée en courbe — fait soulever légèrement l'arrière de la locomotive.

La machine est munie des organes du frein automatique et modérable Westinghouse-Henry; les essieux couplés et les essieux du bogie sont freinés à 50 % de leur poids sur rails par deux ensembles de timonerie indépendants.

La sablière est du système Gresham, à vapeur; la locomotive est munie aussi d'un indicateur-enregistreur de vitesse, système Flaman, et des appareils du chauffage à vapeur.

Le tender est porté par deux bogies à deux essieux, à crapaudine sphérique; la crapaudine du bogie avant est suspendue au

châssis par quatre biellettes articulées qui lui permettent de se déplacer transversalement de 60 mm de part et d'autre de l'axe longitudinal. Le fond de la soute à combustible est surélevé par rapport au tablier pour faciliter le travail du chauffeur.

Des locomotives « Pacific » à quatre cylindres à admission directe et à surchauffe sont aussi exposées par la *Société Saint-Léonard*, de Liège, et par la *Société Cockerill*, de Seraing (fig. 2), puis par la *Société E. Breda* et les *Officine Meccaniche*, de Milan (fig. 3). La *Maschinenfabrik Esslingen* expose aussi une « Pacific » à surchauffe, mais fonctionnant en compound. Il nous a paru intéressant de comparer dans le tableau ci-dessous les conditions principales d'établissement des locomotives qui viennent d'être énumérées avec celles de la 6 101 P.-L.-M. :

COMPAGNIES	P.-L.-M.	ÉTAT BELGE	ÉTAT ITALIEN	ÉTAT WURTEMBERGEOIS
N°s DES MACHINES	6 101	Type 10	Groupe 690	C 2 011.
Timbre.	kg 12	14	12	15
Surface de grille s.	m² 4,25	5	3,50	3,95
Surface de chauffe S.	m² 218,11	210	210	208
Surface de surchauffe S'.	m² 70,63	62	67	53
Rapport $\frac{S}{s}$	51,31	48	60	52,66
Rapport $\frac{s'}{S}$	0,323	0,258	0,319	0,255
Diamètre des cylindres	mm 480	500	450	420 - 620
Course des pistons	mm 650	660	680	612
Diamètre des roues motrices	mm 2 000	1 980	2 030	1 800
Poids à vide de la locomotive	kg 83 200	92 000	78 500	75 900
Poids en service	kg 92 800	102 000	86 960	85 000
Poids adhérent	kg 55 500	57 000	51 250	47 600
Contenance en eau du tender	l 28 000	24 000	20 000	20 000
Contenance en charbon	kg 5 000	7 000	6 000	5 500
Poids en charge	kg 61 940	53 000	47 600	46 000
Poids total de la machine	kg 154 740	155 600	132 560	131 000

II. — Locomotive à distribution de vapeur dite « à équicourant » système Stumpf.

La préoccupation de l'inventeur a été ici, comme dans l'emploi du système compound ou de la surchauffe, de réduire les condensations à l'admission par l'effet des parois des cylindres; ces

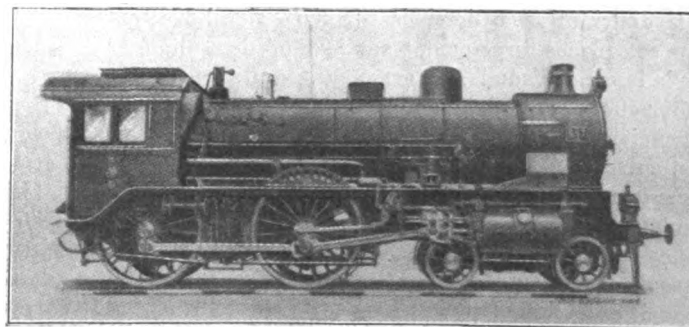


FIG. 4. — Vue de la locomotive à grande vitesse des Chemins de fer de l'Etat prussien, munie de la distribution système Stumpf.

condensations sont très élevées dans les locomotives à simple expansion et à distribution ordinaire, car elles atteignent, d'après M. Nadal, de 30 % à 50 % de la vapeur sortie de la chaudière: il y a donc beaucoup à gagner dans cette voie.

On sait que ces condensations augmentent, notamment, avec la différence des températures de la vapeur à l'admission et à l'échappement dans le cas de vapeur saturée, et avec la grandeur des surfaces développées de l'espace nuisible : le compoundage diminue les différences de température dans chaque cylindre, tandis que, dans la surchauffe, on élève la température de la vapeur au-dessus de son point de saturation, de manière que, dans le refroidissement opéré par les parois, ce dernier point ne se trouve pas atteint ; dans le système Stumpf, c'est la surface de l'espace nuisible qui est réduite, et en outre on fait échapper la vapeur qui a accompli son travail par un orifice spécial, autre que celui d'admission, de manière que ce dernier ne soit pas autant refroidi pendant l'échappement, et que les condensations à l'admission suivante s'en trouvent diminuées. Les effets de cette ingénieuse disposition se sont traduits, lors d'une première application du système Stumpf à deux locomotives à marchandises des chemins de fer de l'Etat prussien, par une économie de combustible de plus de 20% par rapport à des locomotives semblables, mais munies d'une distribution ordinaire ou à soupapes.

C'est par le milieu du cylindre (fig. 5 et 6) que s'effectue ici l'échappement ; l'orifice s'étend sur tout le pourtour de la paroi, et il a une grande section, de sorte que, malgré la faible durée de cette période de la distribution, la contre-pression est assez

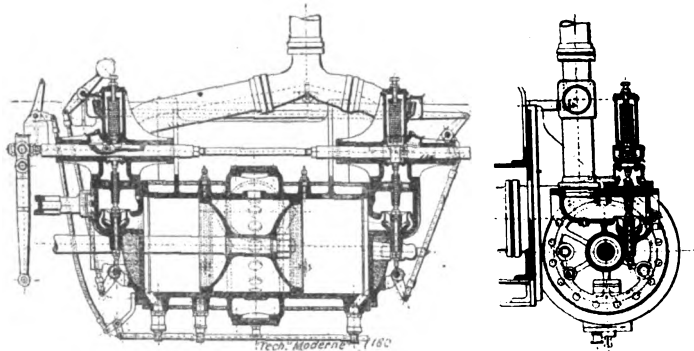


FIG. 5 et 6. — Vues en coupe de la distribution Stumpf.

réduite, même aux grandes admissions. La période de compression est constante, comme celle d'échappement, et elle commence à se produire lorsque le piston a parcouru les 13/100 seulement de sa course rétrograde ; la pression finale de la vapeur comprimée n'est toutefois pas excessive, comme le montrent les diagrammes figures 7, 8 et 9, le volume de l'espace nuisible ayant été déterminé en conséquence.

Les soupapes d'admission n'ayant à produire que cette phase de la distribution, celle-ci s'est trouvée simplifiée ; chaque soupape est placée directement sur le fond de cylindre, de sorte que la lumière d'admission est aussi réduite que possible, ce qui a pour effet de réduire également la surface des parois de l'espace nuisible. Les soupapes, partiellement équilibrées, n'offrent, d'un autre côté, qu'une faible résistance au soulèvement, et le mécanisme de commande n'absorbe qu'un effort très faible. Pendant la marche à régulateur fermé, les soupapes sont maintenues soulevées et font communiquer entre elles les deux extrémités de chaque cylindre par un passage de forte section : cette disposition évite l'emploi du by-pass, habituellement utilisé dans les locomotives à surchauffe, avec une plus grande efficacité du côté de l'égalisation et de la faible valeur des pressions sur les deux faces des pistons : la machine devient ainsi très libre dans cette marche à régulateur fermé.

En ce qui concerne l'entretien, à la huitième session du Congrès international des chemins de fer, tenue à Berne, en juillet 1910, le rapporteur pour la Russie a fait connaître que « le mécanisme Stumpf fonctionne très bien et ne donne lieu à aucune observa-

tion... la distribution est très simple et ne nécessite pas de réparations parce qu'elle ne s'use pour ainsi dire pas ».

Pour réduire encore les condensations par l'effet des parois, la locomotive Stumpf exposée à Turin est munie d'un surchauffeur Schmidt du type dit « dans les tubes ». Le soulèvement des soupapes d'admission, lors de la fermeture du régulateur, est automatique et s'effectue, comme leur application sur leur siège au moment d'une nouvelle admission, au moyen de l'air comprimé du frein agissant dans un petit cylindre *ad hoc*.

Le piston a une longueur théoriquement égale à sa course, et son poids est sensiblement plus élevé qu'habituellement, ce qui, dans les machines de vitesse, tend à affecter l'équilibre de la locomotive sur la voie ; mais l'emploi d'un bogie et de contrepoids judicieusement calculés réduit beaucoup, ici, cet inconvénient, qui d'ailleurs disparaîtrait avec l'emploi de quatre cylindres égaux, à manivelles à 180° pour les deux cylindres de chaque côté de l'axe longitudinal.

A l'aspect de la figure 4, on voit que la locomotive Stumpf exposée à Turin est à boîte à feu Crampton, sur le dessus de laquelle sont montées les soupapes de sûreté, à levier et à étouffoir. Le régulateur de prise de vapeur est du système Schmidt et Wagner, à soupape et à commande rigide ; le surchauffeur, on l'a dit, est du système Schmidt, le foyer est muni d'une porte

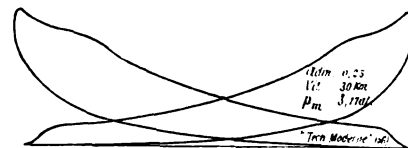


FIG. 7.

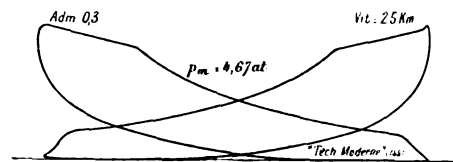


FIG. 8.

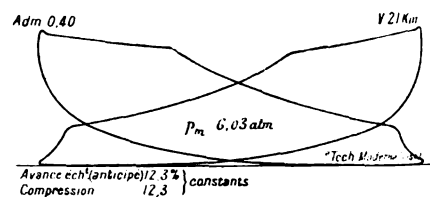


FIG. 9.

FIG. 7 à 9. — Diagrammes relevés sur les cylindres de locomotives à distribution système Stumpf.

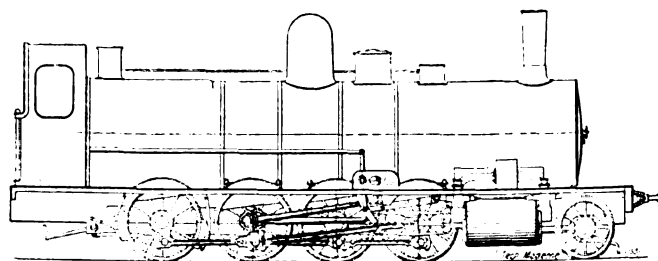


FIG. 10. — Locomotive type « Consolidation » à distribution système Stumpf et surchauffeur système Schmidt du Chemin de fer du Nord français.

basculante système Marcotty, avec robinets produisant un rideau de vapeur pour diminuer la production de la fumée.

On peut signaler en terminant que la distribution Stumpf a été appliquée, en 1910, à deux locomotives à marchandises des Chemins de fer fédéraux suisses, et qu'elle vient de l'être également à des locomotives type « consolidation » (fig. 10) des Chemins de fer du Nord français, munies en outre du surchauffeur Schmidt du type « dans les tubes » : ce dernier ensemble paraît être sensiblement équivalent à l'emploi combiné du système compound et de la surchauffe.

Le Chemin de fer Moscou-Kazan, qui a été le premier à faire

une application du système Stumpf aux locomotives, va étendre ce système à des machines munies d'une chaudière à tubes d'eau système Brotan avec surchauffeur Schmidt ; enfin la distri-

bution à équicourant est encore en montage sur une locomotive type « ten-wheel » à quatre cylindres égaux et à surchauffe. S.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

SUR LE TIRAGE RATIONNEL DES GÉNÉRATEURS DE VAPEUR⁽¹⁾

(Suite.)

III. — LES TIRAGES ARTIFICIELS.

Notre précédent article aboutissait à cette conclusion que le ventilateur est le moyen le plus pratique pour créer une pression ou une dépression, c'est-à-dire un écoulement de gaz. Il est vraiment puéril d'être obligé de fournir des arguments pour affirmer une proposition aussi évidente.

On peut employer le ventilateur dans une chaufferie de bien des manières : soit *directement* pour insuffler l'air sous les cendriers ou aspirer les gaz au registre ; soit *indirectement* pour fournir le fluide pulseur à un éjecteur, qui peut être également aspirant ou soufflant.

A priori, cette seconde solution apparaît mécaniquement inférieure à la précédente, puisqu'elle fait intervenir le rendement de l'éjecteur indépendamment du rendement du ventilateur ; mais elle présente l'avantage pratique de faire travailler le ventilateur sur de l'air froid, même s'il s'agit d'aspirer des gaz chauds, et permet d'adopter des ventilateurs de dimension moindre qu'avec l'aspiration directe.

En fait, la question du choix d'un système de tirage artificiel est des plus complexes et ne peut être résolue de façon satisfaisante qu'en tenant compte à la fois des considérants spéciaux à chaque cas et du but particulier à atteindre.

Comparaison des différents systèmes de tirage artificiel. — Il est utile, pour raisonner son choix, de pouvoir analyser les conditions de fonctionnement comparées des différents modes de tirage.

La chose est aisée en assimilant notre générateur à une conduite (de section variable), à l'intérieur de laquelle circule un certain débit de gaz (correspondant à la quantité d'air admise au foyer pour réaliser la combustion).

La pression existant à l'intérieur de cette conduite, par rapport à la pression atmosphérique extérieure, varie suivant les points. Au point où il y a égalité entre les deux pressions, on a coutume de dire que l'on est à la pression « zéro ».

Dès lors, on peut imaginer approximativement, en tenant compte des lois présidant à l'écoulement des gaz, ce qui se passe suivant que la différence de pression — cause de l'écoulement — entre l'entrée et la sortie de notre conduite hypothétique, est créée de telle ou telle manière.

Si H (fig. 1) est la dépression *maximum* que peut fournir la cheminée (registre grand ouvert), la pression zéro, dans le cas du tirage naturel, est au cendrier, celui-ci étant ouvert à l'atmosphère. La ligne A représente alors la plus forte allure de combustion réalisable avec la cheminée seule.

Si l'on insuffle maintenant, dans le cendrier *clos*, de l'air sous une pression p' , la zone de pression est reculée plus ou moins vers le registre, selon que la pression p' est plus ou moins élevée.

On peut se contenter de la reporter dans le foyer, de n en n' , et la même allure de combustion que tout à l'heure n'exigera plus au registre qu'une dépression $h' < H$: c'est le cas de la ligne B ; on pourra donc forcer l'allure de combustion dans la limite $H-h'$, et la ligne B' représente la *plus forte* allure de combustion réalisable avec la dépression H au registre, et zéro au foyer.

En effet, une allure de combustion poussée encore plus loin, caractérisée par une pression de vent p'' au cendrier, exigerait, pour maintenir la pression zéro au foyer, une dépression h'' au registre (ligne B'') supérieure à celle dont on dispose.

Si l'on veut quand même réaliser cette allure forcée, avec la dépression insuffisante H, il faudra augmenter la pression du vent au cendrier de p'' à p''' (ligne C). Mais alors la zone de pression zéro est reculée un peu plus vers l'arrière, de n' en n'' , et dans le foyer régnait maintenant une surpression p .

En résumé, la ligne A caractérise les *tirages par aspiration* des gaz au registre, y compris le tirage naturel ; il y a toujours une dépression h au foyer, cause de rentrée d'air.

La ligne C caractérise les *tirages par insufflation* de l'air sous la grille ; dès que la pression du vent dans le cendrier

dépasse la perte de charge nécessaire à l'écoulement de l'air à travers la couche en combustion, il y a une surpression p au foyer, cause de retour de flamme et refoulement de fumée.

Enfin, les lignes B caractérisent un système mixte, dit *tirage équilibré*, qui consiste à maintenir au foyer la pression zéro, c'est-à-dire sans rentrée d'air ni retour de flamme, en faisant varier automatiquement, et de façon conjuguée, la pression au cendrier et la dépression au registre.

Les considérations pratiques à tirer de cette discussion théorique sont les suivantes, toutes choses comparables :

1° Au point de vue du maximum de vaporisation réalisable, le tirage naturel est complètement inapte aux allures forcées ; le tirage par insufflation donne une augmentation de vaporisation rapidement limitée, si l'on n'ajoute pas une aspiration artificielle au registre ; le tirage par aspiration permet toutes les allures forcées, sans limitation ;

2° Au point de vue combustion, le tirage par aspiration qui

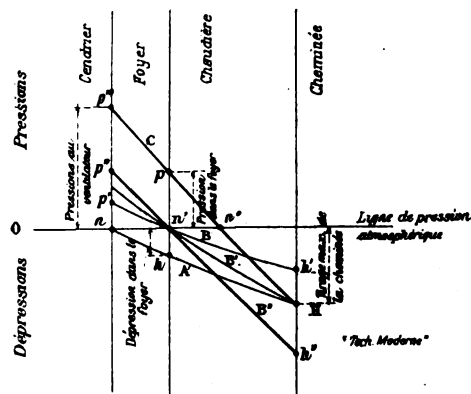


FIG. 1. — Comparaison des conditions de fonctionnement des tirages mécaniques.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 11 (novembre 1911), p. 604.

occasionne des rentrées d'air défavorables, est désavantagé par rapport au tirage par insufflation;

3° Au point de vue force absorbée, le travail de ventilation dans le tirage par insufflation d'air froid et sous faible pression est plus faible que dans le tirage par aspiration de gaz chaud et sous forte dépression;

4° Au point de vue facilité d'installation, le tirage par aspiration est plus simple et plus aisé à installer que le tirage par insufflation;

5° Enfin, quant aux questions accessoires de fumivorté et d'entraînement des poussières, qu'on agite parfois (à tort) à propos de tirage mécanique, elles n'ont rien à voir dans la circonstance.

L'entraînement des poussières dans l'appareil tubulaire des générateurs ne dépend que de la *vitesse* avec laquelle l'air traverse la couche en ignition. Les sections *effectives* de passage d'air à travers le feu sont donc seules responsables, et il n'y a pas lieu d'incriminer l'aspiration plutôt que l'insufflation, ou réciproquement.

De même, la fumivorté ne dépend que très indirectement du tirage; elle dépend surtout de la *température* dans l'enceinte du foyer, du combustible et du mode de conduite des feux.

Il n'est donc pas plus raisonnable de demander à un tirage mécanique de résoudre un problème de fumivorté, que de l'exiger d'une simple cheminée de brique.

Ainsi qu'on peut en juger, le choix d'un système de tirage mécanique devra s'inspirer du but principal à atteindre, et n'être déterminé qu'après une étude minutieuse des facteurs propres à chaque cas.

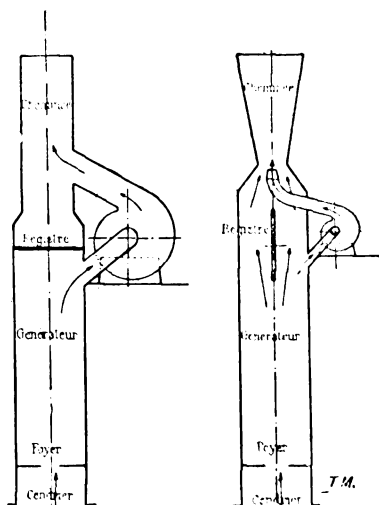


FIG. 2. — Schéma du tirage par ventilateur aspirant.

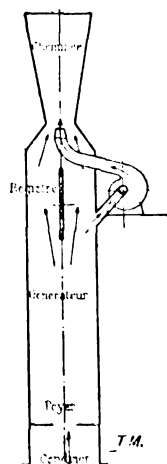


FIG. 3. — Schéma du tirage par éjecteur aspirant.

Dans le premier cas, le tirage est dit « aspiré » ou (à tort) « induit » (induced draft); dans le second, il est désigné sous le nom de « tirage par éjecteur » (ejector draft); c'est d'ailleurs à ce mode indirect d'aspiration qu'on devrait réserver l'appellation de tirage induit.

Le tirage par éjecteur, malgré le handicap de la multiplication des rendements, constitue une solution incontestablement supérieure au tirage aspiré direct, et la raison est facile à exposer.

Les figures 2 et 3 représentent schématiquement les deux modes d'aspiration.

Dans l'un (fig. 2), les gaz du carneau doivent passer *en totalité* dans le ventilateur et dans les gaines reliant l'ouïe au carneau et la buse de refoulement à la cheminée; le registre est tenu fermé, sans quoi le ventilateur tournerait en court-circuit sans effet utile.

Il résulte de ce fait que la résistance du circuit d'évacuation est considérablement accrue : les changements de direction, les coudes, les changements brusques de section aggravent encore le cas, de sorte que bien souvent l'augmentation de résistance ainsi créée *dépasse* le bénéfice gratuit du tirage naturel représenté par la température des gaz évacués, et, en dépit du bon rendement qu'on peut admettre dans ce cas, la puissance absorbée devient exagérée, surtout aux allures de combustion modérées.

Avec le tirage par éjecteur, au contraire (fig. 3), l'étranglement dû à la chambre de l'éjecteur n'apporte qu'une augmentation insignifiante de résistance, que rachète, d'ailleurs, la divergence de la cheminée, et il en résulte le maximum d'utilisation du tirage naturel gratuit.

A l'opposé du cas précédent, la force absorbée aux allures de combustion modérées est très faible; mais, par contre, au fur et à mesure que les dépressions nécessaires seront plus fortes, les puissances (à cause de la multiplication des rendements) croîtront plus vite que pour l'aspiration directe.

Le graphique (fig. 4), établi à propos de la discussion du choix du tirage dans une grande centrale parisienne, montre bien les caractéristiques respectives des deux dispositifs.

Pratiquement, l'éjecteur présente une autre supériorité sur le ventilateur aspirant : comme la *totalité* du gaz, dans ce dernier cas, doit traverser le ventilateur avec une *faible dépression*, on est conduit à des appareils encombrants.

Avec l'éjecteur, une *faible fraction* du volume total à débiter passe par le ventilateur, où elle reçoit une *pression relativement forte*. On est donc conduit, au contraire, à des orifices équivalents faibles, c'est-à-dire des appareils peu volumineux.

Le véritable inventeur du tirage par éjecteur est M. Louis Prat; l'éjecteur est classique, et on l'emploie sur les locomotives depuis l'origine; mais il s'agit de vapeur ayant fourni un travail utile, et le tirage obtenu pouvait être considéré comme gratuit. On avait toujours reculé devant la substitution à cette vapeur d'un fluide à pression obtenue artificiellement, par crainte de la consommation de puissance exagérée.

Le mérite de M. Prat a été d'avoir osé cette substitution, et de l'avoir rendue possible en réalisant des éjecteurs à haut rendement; nous avons montré dans notre premier article combien cette question était délicate.

Le dispositif Prat (fig. 5 et 6), désigné sous le nom de transformateur de pression (l'appareil, transformant la pression du fluide pulseur en une dépression qui aspire les gaz du foyer) comprend, essentiellement, une cheminée-éjecteur en tôle. Le fluide pulseur reçoit la pression nécessaire d'un ventilateur extérieur et est introduit par une buse centrale; une soufflerie à vapeur sert de secours en cas d'arrêt du ventilateur.

Ce fluide pulseur peut être indifféremment de l'air froid (fig. 5) ou une dérivation des gaz du carneau (fig. 6) : dans ce dernier cas, le refroidissement causé par l'introduction d'air extérieur étant supprimé, la puissance absorbée est naturellement plus faible.

Pour fixer un point d'histoire, des ingénieurs allemands ayant

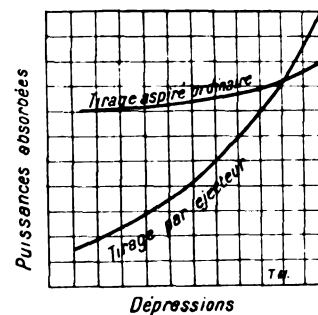


FIG. 4. — Comparaison des puissances absorbées en fonction de la dépression produite, dans le tirage aspiré par ventilateur et par éjecteur.

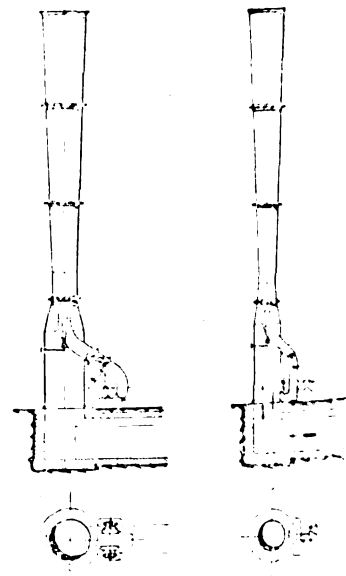


FIG. 5. — Tirage par éjecteur système Prat, avec ventilateur « hors-circuit ».

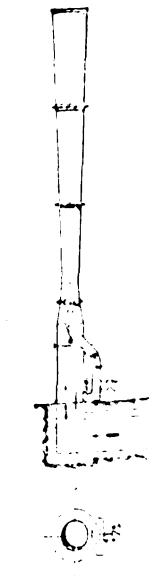


FIG. 6. — Tirage par éjecteur système Prat, avec ventilateur « en circuit ».

voulu revendiquer la paternité du tirage par éjecteur, nous signalerons que M. Prat a installé son premier appareil en 1895, à la filature Le Carpentier, de Sotteville, près Rouen.

Le problème du tirage dans les stations centrales. — Dans les usines électriques, le problème du tirage mérite une discussion spéciale.

Si, pour la plupart, les chaufferies de centrales sont bien établies et convenablement conduites, il est un point cependant sur lequel les avis sont encore très partagés : c'est celui du mode de groupement des chaudières pour faire face à la demande de vapeur au moment de la pointe.

Suivant le service de l'usine, cette « pointe » est fort variable, mais on peut dire, d'une manière générale, qu'il faut pouvoir atteindre, en moins d'une heure, une vaporisation double de la normale, à maintenir pendant deux à trois heures.

On atteint ce but en ajoutant successivement le nombre voulu de générateurs à feu couvert ; mais comme la marche à feu couvert consomme beaucoup plus de combustible (10 à 15 fois plus) que la perte due à l'abaissement de rendement pendant la marche à allure forcée, nous estimons que la solution la plus économique consiste à pousser le plus possible la vaporisation.

On doit donc adopter, pour une chaufferie de station centrale, un type de générateurs pouvant supporter (avec une sécurité suffisante) un notable accroissement de vaporisation, et un système de tirage permettant d'assurer les fortes allures de combustion correspondantes.

Retenant les conclusions formulées un peu plus haut à propos des qualités respectives des différents modes de tirage, on peut déduire que le tirage naturel est

la chaufferie de la centrale de la Société d'électricité de Paris, à Saint-Denis. On a placé à l'intérieur des cheminées un éjecteur système Prat, qui aux heures de pointe, permet de forcer la vaporisation. On voit sur le graphique figure 9 que ces pointes sont sensiblement égales, et ont lieu de 7 heures à 9 heures le matin et de 6 heures à 8 heures le soir (service du Métropolitain). A ces moments, la dépression au carneau, qui est de 20 mm, doit être poussée à 35 mm.

Chaque cheminée, de 55 m de haut et 3^m,20 de diamètre au sommet, correspond à une ligne de six chaudières Babcock, type

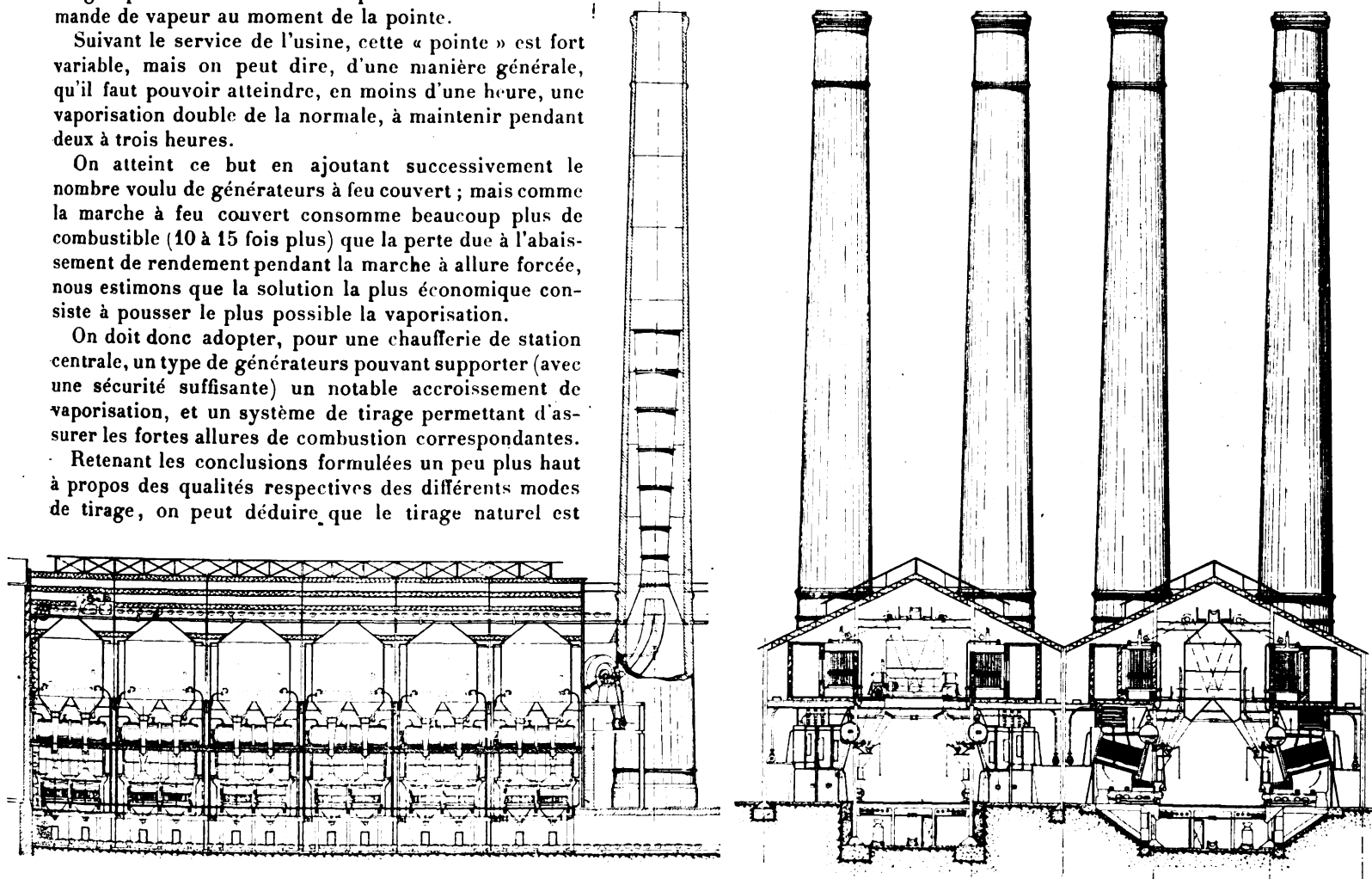


FIG. 7. — Chaufferie de l'usine électrique de la Société d'Electricité de Paris, à Saint-Denis. (Unités groupées par six.)

totallement inadéquat à un tel programme et que, des différents modes de tirage artificiels, le tirage par aspiration semble le mieux approprié.

L'examen des installations réalisées montre qu'il y a accord sur le principe, mais divergence sur le détail. On peut en effet distinguer deux écoles en présence :

1° Celle qui considère la cheminée *en briques* inamovible et incomparable, et n'emploie le tirage mécanique que comme adjuvant pour accroître la dépression pendant la courte durée de la surcharge ;

2° Celle qui considère le tirage mécanique comme une solution régulière et remplace purement et simplement la grande cheminée centrale par des cheminées individuelles. C'est l'école moderne qui s'est manifestée déjà par une évolution du même genre dans l'emplacement des économiseurs, et tend de plus en plus vers l'idéal de l'unité de production de vapeur, complètement autonome et indépendante.

La figure 7 est un exemple de la première thèse : il s'agit de

marine, de 420 m² de surface de chauffe. En temps normal, la dépression *maximum* au carneau produite par le tirage naturel est de 18 à 20 mm et la production horaire ne peut dépasser 47 000 kg de vapeur. L'adjonction de l'éjecteur Prat a permis de porter la dépression à 36 mm, et par suite d'atteindre une production horaire de 67 000 kg de vapeur par cheminée.

Nous croyons intéressant de compléter cet exposé par les puissances absorbées correspondantes, qui sont remarquablement faibles :

ALLURES DE COMBUSTION par m ² de grille-heure	PUISSANCE ABSORBÉE en chevaux	PUISSANCE ABSORBÉE EN % de la production de vapeur
79 kg/m ²	Tirage naturel	0,00 %
101 kg/m ²	22,2 ch.	0,25 %
108 kg/m ²	47,9 ch.	0,42 %
118 kg/m ²	85,5 ch.	0,76 %

La figure 8 (p. 690) est un exemple de la seconde thèse, celui de

la centrale du Grand-Quevilly, près de Rouen, actuellement en montage.

Les unités sont complètement indépendantes, chaque chaudière possédant son foyer mécanique, son surchauffeur, son économiseur et sa cheminée Prat. Les générateurs sont du même type que dans le cas précédent : Babcock marine, de 490 m³, produisant normalement 10 000 kg de vapeur à l'heure, et devant produire à l'heure de la pointe un maximum de 16 000 kg à l'heure.

Il sera intéressant de considérer ultérieurement les résultats techniques, mais on peut se prononcer déjà sur les résultats financiers : le coût des cheminées métalliques, ventilateurs et moteurs électriques compense exactement celui des cheminées en briques

primitivement prévues; on y gagne, par conséquent, tous les carreaux, terrassements et murages s'y rapportant, c'est-à-dire 35 000 fr dans le cas actuel, plus la suppression de deux unités sur les chaudières de réserve, par suite de la plus grande élasticité de production, au total un gain de 285 000 fr.

A ce sujet, disons incidemment que certains ingénieurs, en comparant l'immobilisation de capital pour le tirage naturel et pour le tirage mécanique, arrivent à un total plus élevé dans ce dernier cas; mais c'est parce qu'ils capitalisent le coût de l'énergie consommée par le ventilateur.

Nous estimons cette conception économique inapplicable dans la circonstance : personne n'a jamais songé, dans une salle des

rapidement avec celle-ci. Par contre, pour ne pas dépasser la charge de sécurité par mètre carré de terrain, les travaux de fondation des cheminées très élevées deviennent rapidement onéreux.

Bref, pour les fortes dépressions, la comparaison entre le tirage naturel et le tirage mécanique est absolument insoutenable, aussi bien techniquement que financièrement parlant.

Les défenseurs de la première thèse font grand état de la sécurité et de la durée de la cheminée centrale en briques; l'argument est faible : la sécurité absolue n'existe pas.

Une cheminée en maçonnerie est à la merci de la foudre; les parois de briques, en plus d'une certaine porosité naturelle, se fissurent infailliblement; les parois

en ciment armé se disloquent, se cintrent : la dilatation de l'armature en fer étant très différente de celle du ciment. Cette sécurité est même trompeuse, car en cas d'avarie, même légère, toute une fraction importante de la chaufferie se trouve perturbée.

Quant à la durée, bien qu'on en ait dit, la tôle sous une épaisseur convenable peut donner des résultats satisfaisants.

Il semble donc que l'avenir appartient à la seconde école; d'ailleurs, l'indépendance des unités de vapeur est en elle-même un avantage appréciable au point de vue économique, car avec la grande élasticité, la facilité de mise en service, l'aisance à satisfaire aux demandes variables de vapeur, on réduit le nombre des générateurs à feu couvert. Le fonctionnement des usines modernes

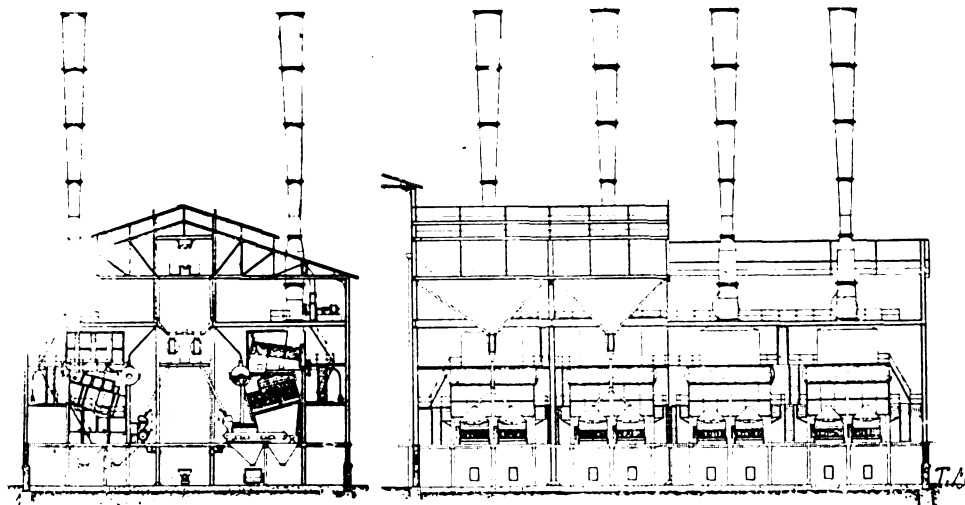


FIG. 8. — Chaufferie de la nouvelle usine électrique du Grand-Quevilly, près Rouen. (Unités indépendantes.)

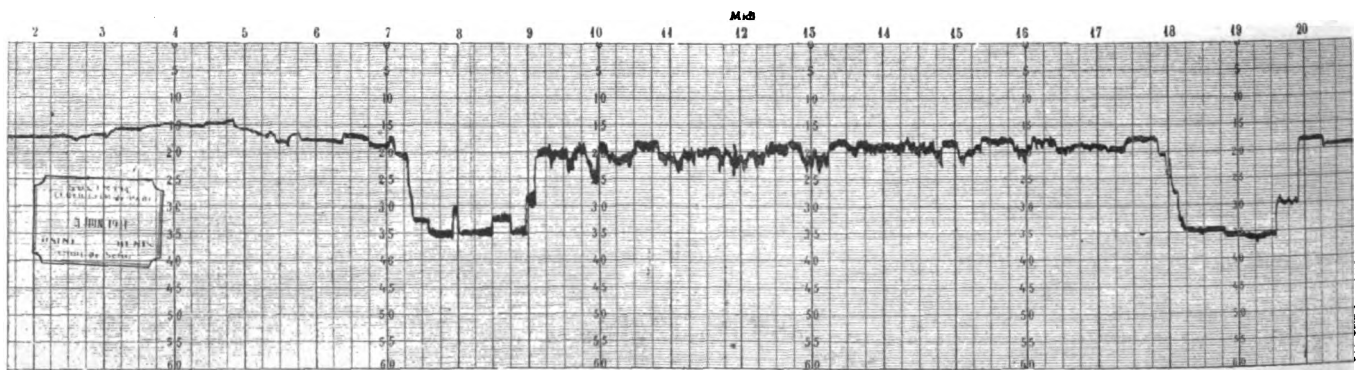


FIG. 9. — Diagramme d'enregistrement de la dépression au carneau à la centrale de Saint-Denis.

machines, à capitaliser la dépense d'huile, chiffons, etc. C'est là un des chapitres du compte d'exploitation annuel; tout ce que l'on peut porter au chapitre de premier établissement, c'est le capital du supplément de matériel nécessaire à la production de l'énergie consommée.

D'ailleurs, à notre avis, une cheminée de 90 ou 100 m est une erreur économique; il ne faut pas oublier que le débit d'air appelé par tirage naturel ne s'accroît que comme la racine carrée de la hauteur de cheminée, et que le refroidissement des gaz augmente

d'ores et déjà établies sur ces bases, délimitera définitivement ce sujet délicat.

Contrôle de la dépression dans les tirages mécaniques. — Pour finir, signalons un point beaucoup trop négligé en général dans les chaufferies : celui du contrôle de la dépression.

La chose paraît insignifiante : elle est, au contraire, de première importance. Beaucoup d'industriels ayant employé le tirage par ventilateur — quel que soit le système d'ailleurs — l'ont abandonné

donné. Neuf fois sur dix, c'est parce qu'ils n'ont pas su s'en servir.

Les deux *impedimenta* du tirage mécanique sont les suivants :

1° La chauffe est à la merci d'une avarie au ventilateur; il faut donc toujours prévoir un dispositif de secours;

2° La dépression doit toujours être proportionnée à l'allure de combustion, sans quoi, ou la combustion est incomplète, ou l'on a des excès d'air, ce qui aboutit de toutes façons à un rendement détestable.

Pratiquement, le premier point est toujours résolu, le second jamais, et pour cette simple raison la plupart des installations de tirage mécanique fonctionnent dans des conditions économiques déplorable, qui font souvent incriminer le matériel, alors que c'est seulement le mode d'emploi qui est critiquable. Les ventilateurs sont établis, en général, pour fournir des pressions ou dépressions sensiblement supérieures à celles dont on a besoin. Ce serait là une excellente chose si l'on se souciait de ne pas dépasser les limites de ses besoins présents; mais comme le

soin de toucher aux registres de vent ou aux ventilateurs est bénévolement laissé au chauffeur, celui-ci adopte la solution qui lui donne le moins de travail, et ouvre ses registres en grand, ou donne au ventilateur son maximum de vitesse.

Cette règle préjudiciable souffre fort peu d'exceptions.

Il importe donc de posséder un contrôle graphique de la dépression au carneau, surtout si l'on doit faire face à des variations d'allure de combustion. Le graphique (fig. 9) représente la dépression au carneau relevée sur un déprimomètre enregistreur, système Izart, contrôlant les ventilateurs Prat de la chaufferie de la centrale de Saint-Denis représentée plus haut.

Ce graphique montre les heures auxquelles on a mis en service et arrêté les ventilateurs pour passer la « pointe » du matin et celle du soir; il vérifie en outre si la dépression réalisée a bien été maintenue dans les limites fixées lors des essais de réglage.

(A suivre.)

J. IZART,

Ingenieur civil des Mines.

VERRERIE (INDUSTRIE DE LA)

LA FABRICATION DES GRANDES PIÈCES EN VERRE CREUX ET LES PROCÉDÉS MODERNES DE SOUFFLAGE DU VERRE ⁽¹⁾

(Suite et fin.)

IV. — SOUFFLAGE ET PRESSAGE.

Dans les procédés que nous venons d'examiner, on n'a pas eu recours à un moule pour donner à l'objet la forme désirée. On peut néanmoins très bien concevoir l'application de verre liquide ou pâteux dans un moule en s'aidant du soufflage pour amener un bon contact entre les parois du moule et la matière ramollie.

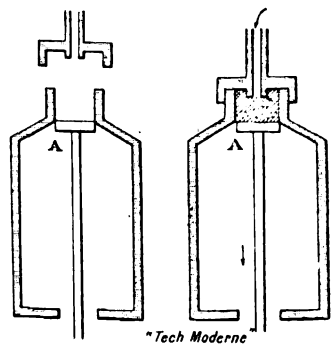


FIG. 17. — Moule disposé pour le chargement.

FIG. 18. — Le moule est chargé de verre fondu.

Pour fabriquer un récipient de la forme d'un flacon, nous aurons recours à un moule; cet appareil auxiliaire doit pouvoir s'ouvrir pour permettre la sortie de la pièce après façonnage. L'appareil de façonnage comprend un moule ayant la forme externe du flacon. Une portion A du fond, découpée en forme de disque ayant juste le diamètre du col du moule, est supportée par une tige verticale qui peut la faire monter jusqu'à l'entrée du col. Tel que nous le montrent les figures 17 et 18, l'appareil est disposé pour recevoir le verre. On le verse à l'état

fondu dans la cavité formée par le col. Cette cavité remplie, il n'y a plus qu'à fermer l'appareil; comme le couvercle supporte le tube amenant l'air comprimé, une fois la fermeture opérée, le tube se trouve placé lui-même dans la position convenable pour le soufflage. On fait arriver l'air en ayant soin de faire descendre le disque supportant le verre. Ce dernier se gonfle progressivement et va s'étaler sur les parois.

Au lieu d'introduire le verre à l'état fondu, on peut puiser le

verre avec une canne et, quand celle-ci est garnie d'une quantité suffisante de matière, l'introduire dans le moule. La figure 19 montre un dispositif de cet ordre. La canne C garnie de verre est fixée dans une pièce formant couvercle et qui la maintient bien centrée. Pour donner la pression, on fait descendre verticalement un tube bien

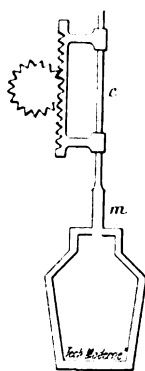


FIG. 19. — Dispositif de soufflage permettant d'employer une série de moules identiques successifs.

centré par rapport au moule et relié à la conduite d'air comprimé, portant à sa partie inférieure un manchon m venant s'adapter sur la canne. On réalise ainsi une communication sans fuite de la canne avec l'air de la conduite. Une fois la pression donnée, on relève le tube d'arrivée d'air. Avec une disposition simple, il est facile d'obtenir un façonnage très rapide, puisqu'une fois la pression donnée le moule peut être dégagé en quelques instants, l'ajustage de la canne garnie de verre et le démoulage pouvant se faire à côté de l'appareil de soufflage.

Une autre manière de garnir un moule de verre consiste à pren-

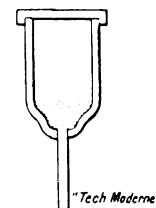


FIG. 20. — Soufflage avec renversement.

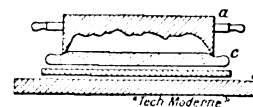


FIG. 21. — La couche de verre fondue c reposant sur l'amiante mouillée b est recouverte du moule a.

dre un moule ouvert par le fond et à verser le verre dans le moule renversé (fig. 20), puis à retourner le moule et à souffler. Il est important, pour la bonne réussite de l'opération, que ce retournement soit opéré progressivement et non d'un seul coup. Une manœuvre brusque déchirerait le verre et compromettrait irrémédiablement la réussite de la pièce.

Dans le but d'obtenir un meilleur étalement de la couche de

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 11 (novembre 1911), p. 597.

verre sur les parois du moule, on a proposé d'imprimer au moule un mouvement de rotation autour de son axe. L'action de la force centrifuge pousse alors le verre sur les parois.

Un moyen original et simple de réaliser le problème consiste à souffler à l'aide de vapeur d'eau produite dans le moule lui-même au moyen du verre chaud. Sievert a combiné sur ce principe un mode opératoire qui est une merveille d'ingéniosité. Sur une plaque d'amiant mouillée *b*, venons poser une plaque de verre encore rouge *c* et recouvrons le tout d'un moule à relief *a* (fig. 21, p. 691), nous aurons, par suite du dégagement de vapeur d'eau, une application suffisante du verre sur le moule pour obtenir une plaque avec relief comme celles que l'on emploie comme presse-papier.

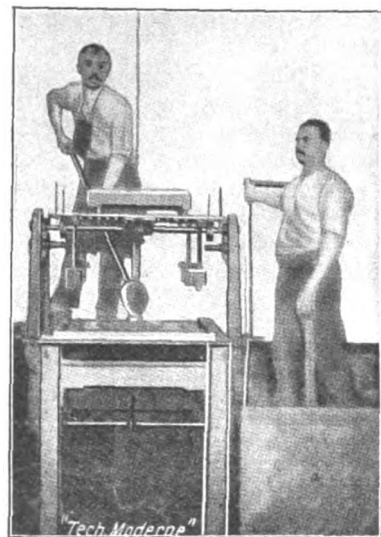


FIG. 22. — Soufflage à l'aide d'un moule et de la vapeur d'eau : coulage du verre sur une machine tremblante pour étendre le verre en forme de plaque. L'étendage se fait pour les plus petits objets à la main.

lons voir comment l'on procède pour la fabrication de ces objets.

Dans la figure 22, on a posé une plaque de verre sur de l'amiant mouillée. Le tout repose sur une table animée d'un mouvement mécanique de trépidation. Le dégagement de vapeur qui se produit au contact du verre chaud et l'agitation facilitent

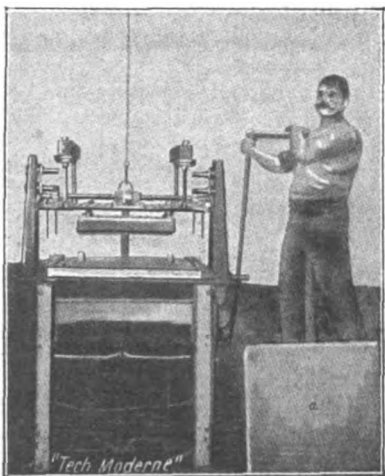


FIG. 23. — Soufflage à l'aide d'un moule et de la vapeur d'eau : Le moule à souffler descend sur la plaque de verre restant sur une calle mouillée ; les bords coupants du moule se pressent sur le périphérie de la plaque de verre, et la vapeur ainsi emprisonnée pousse le verre en haut du moule.

l'étallement du verre. Ce résultat une fois obtenu, il n'y a plus (fig. 23) qu'à rabattre le moule sur la plaque de verre. Les bords coupants du moule viennent limiter la quantité de verre à employer tout en formant une fermeture hermétique. La vapeur est alors emprisonnée et vient presser le verre sur le moule. Le soufflage terminé (fig. 24), on remet le moule dans sa position primitive et l'on démoule la cuvette ainsi faite.

Ce procédé de moulage, que l'on pourrait appeler *moulage par vaporisation*, est applicable non seulement aux objets présentant peu de creux, mais aussi à ceux à creux profond. Ainsi en suivant le même mode opératoire on fera un flacon à large ouverture (fig. 25). On voit net-

Comme exemple d'autres objets façonnables par ce procédé, nous citerons encore les cloches de jardin, les lettres lumineuses, etc. On a même appliqué ce mode opératoire à la confection de cuves en verre armé. Il suffit pour cela de disposer dans le moule un treillis métallique de forme convenable, puis d'appliquer le verre. La pression forcera le verre à s'étaler en emprisonnant le fil métallique en pénétrant dans toutes les cavités du moule.

V. — SOUFFLAGE PAR LE VIDE.

Ce dernier mode opératoire est en réalité un dérivé du système précédent ; il n'y a, en effet, qu'à renverser le procédé : au lieu de produire une pression à l'aide d'un gaz ou d'une vapeur, on fera le vide entre le verre et le moule, et ce sera la pression atmosphérique qui provoquera l'application du verre sur la paroi.

Ce genre de façonnage n'est pas encore, croyons-nous, d'une application immédiate ; il est bon toutefois de le citer, car l'idée qui lui a donné naissance mérite d'être signalée, ce qui n'est pas du domaine de la pratique aujourd'hui pouvant l'être demain. Nous nous bornerons à un exemple (fig. 26).

Il s'agit d'obtenir un récipient dont le moule *c* déterminera la forme.

Pour cela, on applique sur ses bords une pièce de verre chaud *b*, ayant déjà reçu par moulage une forme creuse. On coiffe alors le tout d'un couvercle et l'on aspire l'air par la conduite *d*. L'air qui entre par *a* vient appuyer sur le verre et le force à prendre contact avec les parois.

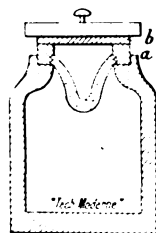


FIG. 25. — Moulage d'un flacon par le même procédé.

Il est facile, maintenant, le principe étant posé, de concevoir une quantité d'objets fabriquables par ce procédé qui, pourtant, ne nous semble pas en état de lutter avec ceux que nous avons indiqués dans le paragraphe précédent. Le procédé par vaporisation nous semble, en effet, incontestablement plus simple.

Les procédés que nous venons de passer en revue nous laissent voir aisément combien les progrès de la mécanique ont aidé puissamment au développement du façonnage mécanique en verrerie.

Nous nous sommes bornés ici aux procédés s'appliquant aux grandes pièces, dans un article ultérieur nous étudierons plus spécialement les progrès réalisés dans la fabrication des bouteilles et dans la fabrication du verre par étirage.

A. GRANGER,

Professeur à l'Ecole de Céramique,
Chef des laboratoires d'essais de la Manufacture
de Sèvres.

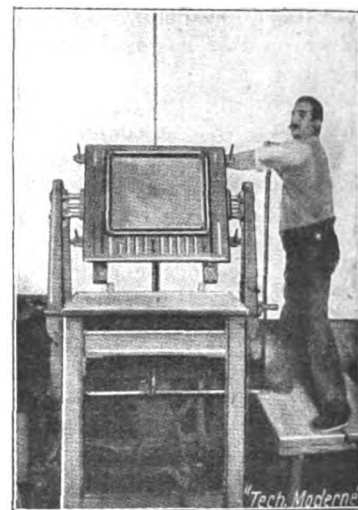


FIG. 24. — Soufflage à l'aide d'un moule et par la vapeur d'eau : soufflage fini, objet de verre (cuvette photographique) toujours en moule renversé, mais prêt d'être retiré et porté au four à recuire.

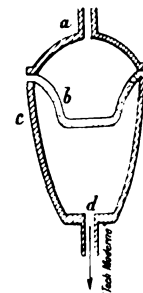


FIG. 26. — Dispositif de soufflage combiné avec l'action du vide.

CHIMIE INDUSTRIELLE

ON PEUT ET ON DOIT PERFECTIONNER LA POUDRE B

C'est le coton qui sert de base à la fabrication de la poudre sans fumée; quoi qu'on en dise le choix du coton a une grande importance et ce choix plus ou moins heureux influe beaucoup sur les qualités finales de la poudre.

I. GÉNÉRALITÉS SUR LE COTON. — Le coton est constitué par un poil végétal qui pousse autour de la graine du cotonnier; ce poil provient d'une cellule qui s'est démesurément allongée. Quand le coton est mûr, chaque poil se présente sous la forme d'un tube aplati de quelques centièmes de millimètre de diamètre et de quelques centimètres de long. Cette cellule est constituée principalement par une matière « organisée » non homogène, dont l'état de polymérisation varie du centre à la périphérie; sa constitution chimique est pourtant pratiquement constante et peut être représentée par la formule brute $(C^*H^{10}O^*)_n$. Cette matière est le protoplasma végétal ou cellulose. En plus de cette cellulose, le coton renferme environ 8 % d'huiles et de matières minérales.

Les propriétés chimiques de la cellulose de coton varient :

a) Suivant son origine.

Les cotons se divisent en deux classes : les cotons américains, qui sont blancs, et les cotons égyptiens, à fibres nerveuses et jaunâtres; cette dernière qualité est la meilleure et c'est elle qui fournit les nitrocelluloses les plus homogènes; mais le prix du coton égyptien est relativement élevé et cela a fait condamner son emploi pour la fabrication des poudres. Cependant on pourrait, sans grosse dépense supplémentaire, employer les déchets de filature de cotons égyptiens, déchets que l'on trouve dans le commerce sous le nom de « peigneuses jumel ». Pour les poudres, on emploie généralement les Linter's ou déchets américains; ces déchets sont les fibres courtes qui restent sur la graine alors qu'on a coupé les longues fibres réservées pour les filatures. Il est regrettable qu'on ait pris l'habitude d'employer ce coton inférieur rempli de débris de graines qui, à la nitration, fournissent des nitrates inférieurs instables.

Les propriétés de la cellulose de coton varient aussi :

b) Suivant les traitements auxquels on a soumis le coton.

Nous avons dit plus haut que le coton brut contenait 8 % d'huiles et matières diverses; pour séparer la cellulose, on soumet le coton à l'hydrophilisation et au blanchiment.

Hydrophilisation. — Cette opération consiste à saponifier les huiles par un lessivage sous pression de 3 kg soit à 120° C. L'opération dure 4 heures et porte sur 270 kg de coton immergés dans 3500 l d'eau additionnée de 88 kg de soude commerciale et de 52 kg de carbonate de sodium.

Blanchiment. — Au point de vue officiel, le blanchiment consiste à blanchir et à enlever les matières minérales; ces deux opérations en elles-mêmes n'ont pourtant aucune importance, le véritable but du blanchiment est d'épanouir la fibre de cellulose, grâce à une oxydation modérée. Cette légère action oxydante dépolymérise la cuticule des fibres; les couches supérieures deviennent comme les couches internes, aisément accessibles à la nitration, ce qui permet d'obtenir des nitrocelluloses plus homogènes.

Ces deux opérations préliminaires sont simples, mais délicates; mal conduites, elles peuvent provoquer une altération profonde de la cellulose. Aussi estimons-nous que chaque fabrique de coton-poudre devrait procéder elle-même au blan-

chiment et à l'hydrophilisation de son coton, suivant en cela l'exemple de la plupart des fabriques de soie artificielle.

II. GÉNÉRALITÉS SUR LA NITRATION. — La nitration consiste à faire réagir, dans de certaines conditions, l'acide nitrique et l'acide sulfurique sur le coton complètement desséché. Les nitrocelluloses qu'on peut ainsi obtenir sont en nombre infini, car on peut à volonté obtenir, avec le coton et des mélanges différents d'acide, toute une série de corps plus ou moins nitrés, différant d'une manière insensible les uns des autres.

La nitration du coton s'opère en introduisant dans des mélanges variables d'acide nitrique, d'acide sulfurique et d'eau, le coton desséché à fond. Au bout d'un certain temps dépendant de la température, il s'établit entre les acides et le coton un équilibre instable; c'est ce moment que l'on choisit pour séparer la nitrocellulose de l'acide par un essorage rapide, que l'on fait suivre de longs épaissements à l'eau froide et à l'eau bouillante.

On se rend compte de la complexité de la nitration en considérant :

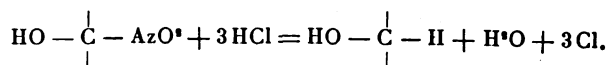
Que la nitrocellulose obtenue est plus ou moins nitrée et a des qualités diverses suivant que l'on fait varier un seul des facteurs : acide nitrique, acide sulfurique, eau, coton, température.

Or, on voit le nombre considérable de combinaisons pouvant se présenter.

Chimiquement, les nitrocelluloses sont définies par leur pourcentage en azote, mais il faut bien considérer que deux celluloses également nitrées peuvent être bien différentes l'une de l'autre aux points de vue de la solubilité et de la stabilité, suivant les durées et les températures de trempage.

III. STABILISATION DES NITROCELLULOSES. — De même que la fibre mère de coton, la fibre de nitrocellulose n'est pas homogène; certains groupements nitriques sont instables; on les détruit par l'action prolongée de l'eau bouillante (quatre-vingts heures) sur les fibres préalablement déchiquetées à la pile. Mais l'eau bouillante ne suffit pas, l'auteur a signalé en août 1909 (1) l'action stabilisante de l'eau bouillante acidifiée à 5 % par l'acide chlorhydrique.

Apparemment, HCl agit sur les groupements nitriques faiblement fixés suivant la réaction :



Il semble, d'autre part, que les groupements nitriques instables sont fixés sur les traces d'oxycellulose.

Voici, comme exemple, les résultats de trois expériences :

	DURÉE de nitration	TEMPÉRAT. de nitration	STABILITÉ après 3 h. d'ébull. à l'eau	STABILITÉ ap. 1 h. d'ébull. avec HCl
Pyroxylo à 11 % Az.	5 heures	35°	15 min.	60 min.
— 13 % Az.	3 heures	30°	20 min.	—
— 13 % Az.	24 heures	30°	32 min.	55 min.

Ce sont ces importants résultats qui nous ont conduit à conseiller l'application de l'action si énergique de l'eau bouillante fortement acidifiée par HCl à la stabilisation des pyroxyloxydes pour poudres.

(1) *Le Caoutchouc et la Gutta-Percha.*

IV. UN PEU D'HISTOIRE. — Le coton-poudre ou nitrocellulose a été découvert, en 1846, par le Suisse S. Hoenlein. L'année suivante, le Dr Hartig (Anglais) indiqua l'emploi de l'éther acétique comme gélifiant du fulmi-coton dans le but d'obtenir un colloïde moins brisant. Le colonel prussien Schultze reprit, en 1867, l'étude de l'emploi de la nitrocellulose dans les bouches à feu, l'action trop brisante de la nitrocellulose employée telle que le en fait rejeter l'emploi. En 1870, l'ingénieur autrichien Volkmann prit des brevets pour une poudre sans fumée à base de collodion (8 nov. 1870 et 31 mai 1871). Le gouvernement fit fermer l'usine après trois ans d'existence parce qu'il craignait que le nouvel explosif empiétât par trop sur le monopole des poudres. En 1882, Walter breveta également l'agglomération de la nitrocellulose par l'éther-alcool dans le but d'obtenir des poudres moins brisantes. C'est aux Français Vieille et Maissin que revient l'honneur d'avoir mis au point la fabrication de l'explosif colloïdal en plaques plus ou moins épaisses, suivant les vivacités d'explosions désirées, et d'en avoir généralisé la fabrication pour le compte du Gouvernement français.

V. QUELQUES MOTS SUR LA FABRICATION DE LA POUDRE B. — La poudre B est composée de deux pyroxyles, l'un le C_p , donnant à l'analyse 210 cm³ de bioxyde d'azote (AzO) par gramme, l'autre le C_{p_1} , donnant 190 cm³ de bioxyde d'azote par gramme. Le C_{p_1} est soluble dans l'éther à 56°, le C_p est insoluble.

On malaxe avec de l'éther 56° 40 kg de C_{p_1} et 2 kg de diphénylaminé, quand le mélange est bien homogène on introduit 60 kg de C_p , et l'on continue à malaxer de manière à bien agglomérer ce corps.

La pâte obtenue est ensuite laminée à chaud et transformée en rubans plus ou moins épais (de 0^{mm},15 à 7 mm), suivant qu'ils doivent servir pour faire de la poudre de chasse ou des poudres de guerre.

L'emploi de la diphénylamine, bien que proposé depuis de nombreuses années, ne s'est généralisé en France que depuis quelques mois.

VI. PRINCIPAUX VICIES DE LA FABRICATION FRANÇAISE. — La fabrication française est caractérisée par la routine; elle s'est cristallisée autour d'un système qui est resté tel quel depuis ses débuts et n'a appliqué presque aucune des découvertes faites depuis trente ans par l'industrie et par la science.

a) *Des pyroxyles.* — Dans les fabriques de l'Etat, les pyroxyles sont faits en majeure partie par un procédé absolument archaïque, qui consiste à tremper le coton, par petites portions de 600 g, dans de petits pots remplis d'acide. L'industrie cependant a depuis longtemps abandonné ce procédé pour nitrer dans de grands pots, 5 kg et plus de coton à la fois, ou pour nitrer directement dans lesessoreuses ou dans les pots nitreurs-laveurs comme à Waltham-Abbey; ces procédés sont de beaucoup supérieurs à celui des petits pots.

Enfin on ne comprend pas pourquoi on continue à employer un mélange de pyroxyles, alors qu'on pourrait très bien, en appliquant les procédés modernes de nitration, les remplacer par un seul pyroxyde défini ayant la composition moyenne du mélange $C_{p_1} C_p$.

D'ailleurs, nous voyons dans ce mélange bizarre de deux nitrocelluloses fort différentes l'une de l'autre la principale cause de l'instabilité déconcertante et inexplicable de notre poudre B. Dans les pots de nitration, lorsque la réaction est arrivée à l'équilibre, il suffit de faire varier un des éléments composants du bain pour faire varier la composition de la nitrocellulose qui tend aussitôt vers un nouvel état d'équilibre. Il ne faut pas s'entêter à vouloir obtenir un composé relativement stable en mélangeant intimement deux nitrocelluloses différentes qui ont une action réciproque de décomposition l'une sur l'autre; il faut abandonner

le mélange de pyroxyles ennéanitrés et endécaneitrés de 1884 pour employer uniquement le pyroxyde décanitré de composition intermédiaire ayant exactement la même puissance explosive que le mélange hétéroclite encore employé par les fabriques de l'Etat.

b) *Des solvants.* — Les solvants s'éliminent plus ou moins aisément des colloïdes qu'ils formaient avec les nitrocelluloses.

L'alcool éthylique s'élimine très difficilement.

L'alcool méthylique et l'acétone s'éliminent, au contraire, bien plus facilement.

Si on laisse du solvant dans la poudre, le solvant s'éliminant peu à peu à l'air, il est clair que l'on obtient des explosifs dont les propriétés balistiques varient constamment. Pour éviter cet inconvénient, on soumet les poudres françaises au trempage à chaud, ce qui est une pratique déplorable.

Il est de toute évidence que cette chauffe aide à abréger l'existence de la poudre, puisqu'il est reconnu que la température de 45° est déjà une température critique pour les poudres (1).

La pratique du trempage est d'autant plus regrettable, que l'emploi de l'alcool méthylique ou de l'acétone permet de le supprimer.

Ces solvants coûtent un peu plus cher que l'alcool ordinaire, mais ce n'est pas là une raison sérieuse pour un Etat comme la France!

c) *Des stabilisants.* — Des corps comme l'aniline, l'acétanilide, la diphénylamine, l'urée, ont été proposés depuis vingt-cinq ans comme stabilisants de la poudre sans fumée; ce n'est que depuis quelques mois qu'on a fini par adopter en France la diphénylamine.

Avant, on employait l'alcool amylique, qui n'est pas un stabilisant, mais qui, en absorbant les vapeurs nitreuses, masque le commencement de la décomposition à 75°.

Dans la poudre B, la diphénylamine est intimement unie par dissolution complète au pyroxyde soluble; elle n'agit que par contact superficiel sur les brins de pyroxyde insoluble. L'emploi d'un solvant total permettrait d'augmenter l'action du stabilisant.

La simple adjonction de la diphénylamine (2 %) dans la poudre B a fait passer la durée de stabilité à 75° de trente jours à cent vingt jours. L'emploi de l'acétone (solvant total) recommandé par Guttman permet de dépasser de beaucoup cette limite.

d) *Du coton et de ses impuretés.* — Le bon sens indique qu'un Etat riche comme la France, soucieux de la vie de ses marins, devrait (quitte à dépenser 1 fr de plus par kilog de poudre) employer comme coton, le meilleur de tous, c'est-à-dire le coton égyptien à la place des déchets Linters américains.

D'autre part, le coton est introduit dans les poudres avec toutes ses impuretés. (Le coton est une substance des plus complexes et, pour une raison inexpliquée, nous avons pris l'habitude de l'employer dans un état de propreté peu désirable. Oscar Guttman.)

Il est inexplicable qu'on n'ait pas encore appliqué à la fabrication des poudres les procédés employés pour purifier dans l'industrie les collodions (procédés employés pour la fabrication de la soie Chardonnet, des pellicules, du celluloid).

Les collodions faits pourtant avec les plus grands soins pour la soie et les pellicules contiennent fatalement beaucoup d'impuretés provenant du coton; on est obligé de les filtrer et on ne peut faire passer plus de 26 litres de collodion sur un filtre de ouate de 40 cm de diamètre sans l'obstruer entièrement par les corps étrangers (sable, bois, parcelles métalliques) qu'il arrête.

C'est pour les raisons ci-dessus que nous proposons de dissoudre complètement les nitrocelluloses en présence de dissolvants pouvant s'éliminer sans trempage et de filtrer le tout rigoureusement, afin de séparer toutes les saletés et impuretés qui créent dans la poudre des centres de décomposition.

(1) OSCAR GUTTMANN : *Journal of the Royal Society of arts*, vol. 4, VII, 1909.

e) *Du laminage.* — (*Le traitement des poudres au laminoir est chose arbitraire.* O. Guttmann). En effet, la pâte pour poudre traitée par laminage n'est jamais qu'un mélange mécanique dont l'homogénéité varie suivant les pressions, la vitesse, la température, le temps. Il en résulte que notre poudre B n'est jamais qu'un mélange manquant d'homogénéité et de régularité au point de vue balistique. Les poudres à base de nitroglycérine sont beaucoup plus régulières comme puissance explosive, parce qu'elles sont constituées par solution complète de pyroxylyle dans la nitroglycérine. Lorsqu'on se décide à dissoudre complètement les deux pyroxylyles constitutifs de la poudre B ou le pyroxylyle unique qui peut les remplacer, on obtiendra par simple tréfilage des colloïdes absolument homogènes qui, pour une même épaisseur, auront toujours la même puissance balistique.

f) *Porosité de la poudre B.* — La poudre B, étant constituée par un seul colloïde englobant un pyroxylyle insoluble et fibreux, est naturellement un corps poreux beaucoup plus sensible à l'action de l'air et de l'humidité que le même corps fabriqué avec des solvants dissolvant entièrement les deux pyroxylyles.

On sait que l'épreuve à 75° ne donne des résultats probants de décomposition que si l'on fait agir, en même temps que la chaleur, l'air et l'humidité sur la poudre; cela démontre bien l'action nocive de ces deux facteurs.

En remplaçant notre poudre poreuse actuelle par une poudre lisse, vitreuse, entièrement colloïdale, il est clair que l'action de l'air et de l'humidité de la mer aura beaucoup moins d'action sur la poudre.

CONCLUSION. — Pour avoir de bonnes poudres, il faut :

- 1° Employer du coton de bonne qualité;
- 2° Faire une poudre homogène et non poreuse en employant en quantité suffisante de bons solvants;
- 3° Filtrer les colloïdes, de manière à débarrasser la poudre de tous les corps étrangers qui ne peuvent être que nuisibles;
- 4° Employer un pyroxylyle unique.

JACQUES DELPECH,

*Ingénieur-chimiste,
Ancien directeur de la Fabrique de nitrocellulose
et de soie artificielle de Padoue.*

CHIMIE INDUSTRIELLE

LA FABRICATION DES EXTRAITS TANNIQUES

LEUR ANALYSE ET LEUR EMPLOI (1)

(Suite.)

La méthode de Procter, qui s'applique à des liqueurs dont la richesse correspond à un résidu total de 0 gr 6 par 100 cm³, utilise les réactions colorées données par l'eau de brome, l'acide nitreux, le sulfate double de fer et d'ammoniaque, le chlorure stanneux en présence d'acide chlorhydrique, les copeaux de bois de sapin en présence d'acide chlorhydrique, le sulfite de sodium, l'acide sulfurique concentré et l'eau de chaux.

La méthode d'Andreasch s'applique à des solutions alcooliques de tannin; elle utilise la formation de précipités ou de colorations sous l'influence des réactifs suivants : eau, eau oxygénée, acide chlorhydrique, acide sulfurique, acide acétique, acide nitrique, ammoniaque, chloroforme, éther, éther acétique, benzine, éther de pétrole, sulfure de carbone, naphthol, glycérine, acide tartrique, acide citrique, acide oxalique, acide picrique.

Le tableau de Trimble n'envisage que la distinction des différentes écorces de chêne entre elles. Il utilise comme réactifs : l'alun de fer, l'eau de brome, l'acide nitreux, le sulfate de cuivre et l'ammoniaque, le protochlorure d'étain et l'acide chlorhydrique, les copeaux de sapin et l'acide chlorhydrique, le sulfite neutre de soude et enfin l'eau de chaux.

Dans le cas où l'extrait que l'on a à examiner a été préparé à l'aide d'un mélange de matières tannantes, le problème de la reconstitution des éléments du mélange devient beaucoup plus difficile.

Au VIII^e Congrès de l'Association internationale des chimistes du cuir, qui eut lieu, en 1906, à Francfort, le professeur Paessler, de Freiberg, proposa une solution de la question en se basant sur les différentes colorations que fournissaient les extraits purs ou mélangés quand on les utilisait pour teindre des bandes de coton différemment mordancées (bandes de Mulhouse). Cette

méthode de recherche, qui présente un certain intérêt, quand on possède une collection bien établie de teinture types, comporte cependant un grave défaut; en effet, il existe actuellement, comme nous l'avons mentionné précédemment, un très grand nombre d'extraits ayant été additionnés pendant leur préparation de bisulfite de soude. La présence de ce dernier corps est susceptible de modifier complètement les résultats tinctoriaux que donneraient les mêmes extraits non sulfités.

Aussi, après examen approfondi de la méthode du Dr Paessler, le Congrès vota et adopta à l'unanimité la motion suivante :

Le Congrès reconnaît la valeur du travail effectué par le Dr Paessler; cependant, il est d'avis qu'il n'existe pas encore, à l'heure actuelle, de méthode permettant de reconnaître sûrement les matières tannantes, si celles-ci existent dans les extraits sous forme de mélanges.

Cette motion est intéressante à retenir, car certains tarifs douaniers appliquent aux extraits des droits variables suivant la nature des matières tannantes qui entrent dans leur constitution.

L'administration des douanes allemandes a établi une méthode pour l'application des tarifs conventionnels de 1906; cette méthode a simplement pour but de distinguer les extraits de noix de galle et de sumac, d'une part, les extraits de chêne, de pin et de châtaignier d'autre part.

Elle est basée :

1° Sur la coloration d'une solution de concentration connue, coloration que l'on rapporte à celle d'une liqueur contenant des proportions déterminées d'iode et d'alun de chrome;

2° Sur les colorations obtenues par teinture de la laine chromée;

3° Sur la réaction de l'eau de brome;

4° Sur la réaction de l'acide sulfurique;

5° Sur l'action de l'acide chlorhydrique et du chlorure stanneux.

Il est bien évident que cette méthode est loin d'être parfaite,

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 10 (octobre 1911), p. 562; n° 11 (novembre 1911), p. 622.

et que les experts douaniers sont souvent embarrassés pour tirer des conclusions quand ils ont affaire à des mélanges.

Il convient de signaler, en dernier lieu, une réaction connue depuis longtemps et qui a été utilisée par M. Stiasny⁽¹⁾ d'abord, puis par MM. Jean et Frabot, pour la distinction des matières tannantes entre elles.

En faisant agir, à la température du bain-marie, l'aldéhyde formique, en présence d'acide chlorhydrique, sur les solutions aqueuses de diverses matières tannantes, on reconnaît que les tannins pyrogalliques, lorsqu'on opère à un degré de dilution convenable, ne donnent pas de précipité, tandis que, dans les mêmes conditions, les tannins catéchiques donnent un précipité abondant.

D'après MM. Jean et Frabot⁽²⁾, cette réaction du formol chlorhydrique peut être utilisée pour déceler et même doser les tannins catéchiques en mélange avec les tannins pyrogalliques : elle permet de reconnaître aisément la fraude du sumac par addition de lentisque.

Nous donnons ci-dessous la classification établie par MM. Jean et Frabot, en utilisant la réaction du formol :

Matières tannantes précipitables à chaud par le formol en milieu chlorhydrique.

Chêne-liège (écorce).	Mimosa.
Chêne (écorce).	Palmetto.
Palétuvier.	Malette.
Canaigre.	Sapin.
Lentisque.	Mélèze.
Gambier.	Acide cachoutannique.
Manglier.	Galle de Chine.
Québracho.	Hemlock.

Matières tannantes ne précipitant pas le formol.

Sumac pur.	Myrobolams.
Épine-vinette.	Valonées.
Châtaignier.	Tamarix.
Campêche.	Chêne (bois).
Divi-divi.	Ailanthus globulosa.

Le sumac pur ne précipite pas à l'ébullition, mais il précipite partiellement à la température du bain-marie et par refroidissement.

L'étude de cette réaction a d'ailleurs été reprise à nouveau par Stiasny⁽³⁾, qui a étudié avec précision sa valeur, dans les recherches qualitatives et quantitatives.

Voici, en peu de mots, le résumé des résultats obtenus par Stiasny :

1° La réaction du formol sur les tannins n'a qu'une valeur qualitative ; les tannins pyrocatechiques sont précipités complètement ; les tannins pyrogalliques ne sont pas précipités, ou ne le sont que très imparfaitement, et on les retrouve en grande partie dans le filtratum, s'il y a un précipité ;

2° Pour la détermination quantitative du tannin, la réaction au formol ne peut être employée, car les *non-tannins* de la série pyrocatechique sont également précipités ;

3° La réaction à la formaldéhyde trouve un emploi pratique important dans la détermination qualitative des tannins pyrogalliques en mélange avec des tannins pyrocatechiques : par exemple des myrobolams dans l'extrait de québracho ;

4° On ne peut cependant pas faire une séparation quantitative de semblables mélanges, car il y a toujours une proportion

importante de tannins pyrogalliques et de non-tannins qui sont entraînés par le précipité ;

5° Par la réaction à la formaldéhyde, on peut savoir si, dans un mélange de tannin pyrocatechique et de tannin pyrogallique, c'est le premier ou le second de ces deux éléments qui est absorbé le plus vite et le plus fortement par la peau ;

6° On peut également, par ce moyen, déterminer les différences dans le pouvoir dialyseur des différents composants de semblables mélanges.

L'étude de la réaction au formol chlorhydrique a été étudiée, dans quelques-uns de ses détails, par MM. Thuau et de Korsak⁽⁴⁾. Il convient de retenir de leurs expériences que le mode de décoloration employé dans la fabrication de l'extrait peut influencer les résultats donnés par l'essai.

MM. Thuau et de Korsak ont également étudié un cas particulier fort intéressant actuellement et qui est relatif à la recherche du mangrove dans l'extrait de québracho. Si on traite l'extrait à étudier par l'acide sulfurique à l'ébullition pour précipiter le tannin, puis qu'on additionne le filtrat d'une solution de nitrate d'argent à 10 %, il ne se produit pas de précipité si l'on se trouve en présence de québracho pur ; il se produit un trouble blanc, persistant à chaud, si le québracho contient du mangrove⁽⁵⁾.

La combinaison de la réaction au formol chlorhydrique et de la réaction Thuau-de Korsak permet de déceler un assez grand nombre de coupages frauduleux.

Il nous reste à signaler la recherche des coupages effectués à l'aide des solutions de cellulose sulfite, provenant du traitement du bois, en vue de la fabrication de la pâte à papier. L'étude de cette fraude a été faite par MM. Procter et Hirst⁽⁶⁾, qui ont été conduits à utiliser la réaction suivante : à 5 cm³ d'une solution d'extrait à 50 gr par litre environ, on ajoute 1/2 cm³ d'aniline, on agite énergiquement, puis on additionne le mélange de 2 cm³ d'acide chlorhydrique concentré. Avec les extraits purs, le trouble causé par l'aniline disparaît et on obtient une solution transparente. Au contraire, avec les extraits contenant des solutions de cellulose sulfitiques, il se produit rapidement un précipité qui monte graduellement à la surface du liquide.

II. — Analyse quantitative des extraits tanniques.

Le dosage du tannin dans les végétaux et les extraits qu'ils ont servi à préparer est un problème que les chimistes n'ont pu résoudre jusqu'à présent d'une manière rigoureusement satisfaisante, en raison de sa complexité. En effet, la nature et la constitution chimique de presque tous les acides tanniques est encore inconnue ; en outre, dans un même végétal et, conséquemment, dans un même extrait, on rencontre des tannins de formules différentes, ne réagissant pas uniformément sur les réactifs employés pour leur estimation.

On sait également que les végétaux renferment un certain nombre de substances, solubles dans l'eau ou rendues solubles par l'action prolongée de ce dissolvant, qui sont susceptibles d'être titrées en même temps que le tannin.

Dans le cas des extraits, les difficultés peuvent encore être augmentées par suite de la présence de produits ajoutés pendant la fabrication, soit pour faciliter l'épuisement de la matière tannante, soit pour décolorer partiellement l'extrait et augmenter sa solubilité, soit enfin pour en élever frauduleusement la densité.

(A suivre.)

LOUIS MEUNIER,

Docteur en sciences.

Chargé de cours à l'Université de Lyon.

(1) Gerber, 1905, p. 186.

(2) *Revue de chimie analytique*, 15 février 1907.

(3) *Le Cuir*, 1908, n° 14.

(4) *Le Cuir*, 1911, p. 383.

(5) Les mangroves ou palétuviers se développant surtout sur les bords de la mer, les extraits qu'ils fournissent contiennent du sel marin.

(6) *Le Cuir*, 1909, p. 344.

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

ARTILLERIE

Utilisation de l'aéroplane
pour le réglage des tirs d'artillerie de campagne.

Les expériences qui ont été faites au mois d'août dernier, au camp de Châlons, ont démontré l'utilité de l'aéroplane dans le réglage des tirs.

Dans la pratique, deux cas se présentent pour une batterie en position : soit que la batterie tirant déjà sur un objectif qui s'est faiblement révélé, ait besoin de faire vérifier le réglage de son tir ; soit qu'ayant sa zone de surveillance masquée par une série de crêtes, elle désire qu'on lui signale un objectif sur lequel elle puisse ouvrir le feu.

Il y a lieu pour le capitaine de faire comprendre à l'aviateur qui croise dans le voisinage, derrière la ligne de feu, qu'il a besoin de son aide. A cet effet, deux bandes de toile blanche, convenablement disposées sur le sol, en avant et en arrière d'une des pièces de la batterie, indiquent à la fois à l'aviateur que son secours est nécessaire, et dans quelle direction il doit effectuer sa reconnaissance ; au moment où celui-ci franchit le front de la batterie dans la direction indiquée, le capitaine fait tirer, par ses 4 pièces, 2 salves, distantes de 400 m. Les 8 points de

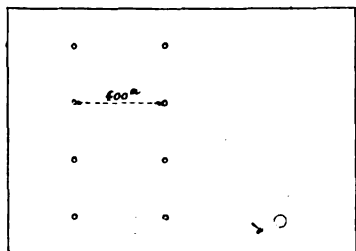


FIG. 1.

chute. Revenant alors vers la batterie et au moment de son passage au-dessus d'elle, il laissera tomber le carton lesté au préalable. Les indications portées, seront en général suffisantes pour permettre au commandant de la batterie de rectifier son tir en direction et de trouver en distance la fourchette de 400 m. S'il est nécessaire, la même opération sera renouvelée jusqu'à rectification complète du réglage du tir.

L'expérience a montré que ce système de correspondance permettait d'atteindre facilement et rapidement le résultat cherché.

A. G.

CHIMIE INDUSTRIELLE

Le rongage de l'indigo par les hydrosulfites.

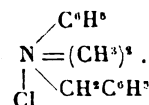
L'indigo rongé en blanc et en couleurs est un article classique dans l'indienne qui se faisait, jusqu'en ces derniers temps, à peu près uniquement par des agents oxydants : chromates, chlorates, nitrates, etc. Ceux-ci transforment, ainsi qu'il est bien connu, l'indigo en isatine ou en produits d'oxydations : acides nitrosalicylique, picrique, etc., solubles à l'eau ou dans les alcalis.

On avait bien essayé de ronger l'indigo par réduction soit au sel d'étain, soit au bisulfite et à la poudre de zinc, mais ces essais n'avaient pas dépassé le laboratoire. L'emploi des hydrosulfites

stabilisés par la formaldéhyde (hydrosulfite NF, hyraldite, ronalite, etc.) vient de rendre industrielle cette fabrication fort intéressante.

Toutefois la mise au point a été fort laborieuse ; les difficultés initiales sont vaincues actuellement et, en nous basant sur les brevets pris à cette occasion, nous allons résumer, d'une façon succincte, l'état de la question.

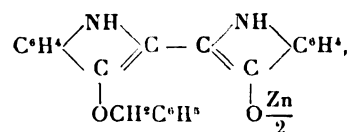
A priori, il semble très simple de réduire l'indigo sur la fibre, puis d'enlever les produits de réduction formés. En pratique, cependant, il faut tenir compte du fait que les produits de réduction sont facilement réoxydables ; il faut donc les stabiliser pour ainsi dire et les rendre insensibles à l'action oxydante de l'air. On y arrive en additionnant le rongeur au sulfoxylate-formaldéhyde d'un sel d'ammonium d'une base quaternaire contenant au moins un groupe arylalkylé. Le produit par excellence est le chlorure de diméthyl-phényl-benzyl-ammonium, obtenu très facilement d'après le procédé de Michler et Gradmann (*Berichte*, 10, 2078 (1877) en réunissant, en quantités équimoléculaires, du chlorure de benzyle, $C^6H^5CH^2Cl$, et de la diméthylaniline, $C^6H^5N(CH^3)_2$, à froid. Après peu de temps, le produit se sépare cristallisé, et correspond à la formule :



Ce produit est mis en vente sous le nom de *Leucotrope O*.

En imprimant sur un fond bleu cuvé une couleur d'impression contenant du sulfoxylate, du leucotrope et du blanc de zinc, puis vaporisant environ cinq minutes, on obtient un enlavage jaune-orangé, résistant même à des bains alcalins.

Le mécanisme de la réaction n'est pas connu avec certitude. Il est possible que l'indigo blanc produit par réduction soit benzylé en même temps qu'il se forme un sel de zinc correspondant à la formule :



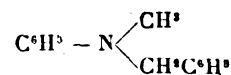
mais il est aussi possible, ainsi que l'a fait remarquer M. Grandmougin, qu'il se forme un dérivé quindolinique (correspondant à la flavindine de Schutzenberger) ou d'autres produits non étudiés.

Quoi qu'il en soit, ce procédé permet d'obtenir sur indigo, d'une façon courante, des enlavings jaunes et orangés vifs.

Pour obtenir du blanc, ce qui est bien plus important, il s'agit d'engendrer sur la fibre un composé soluble dans le bain de dégorgeage alcalin.

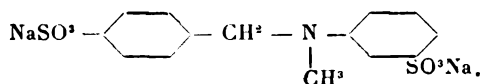
On y arrive en employant en lieu et place du leucotrope O son acide disulfonique ou plutôt le sel de celui-ci, le *leucotrope W* par exemple, ou d'autres produits analogues possédant un groupe sulfonique dans le radical benzyle de la base quaternaire.

La préparation de ces produits a fait l'objet de différents brevets. On peut, par exemple, prendre, comme point de départ, l'acide méthylbenzylanilinedisulfonique, obtenu par sulfonation de la méthylbenzylaniline :

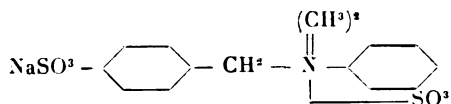


d'après les indications détaillées du brevet allemand n° 69 777.

Le sel sodique de l'acide disulfonique obtenu correspond à la formule :



Pour le transformer en dérivé ammonium, il suffit (brevet anglais 7204/11 des Farbwerke) de traiter une solution concentrée de 400 parties du sel sodique et de 125 parties de sulfate de méthyle, à 50°, jusqu'à disparition de ce dernier produit. On évapore dans le vide et l'on obtient le produit ammonium :



mélangé avec du méthylsulfate de sodium (1). Ce dernier sel ne gêne pas lors de l'emploi en impression.

On peut aussi sulfoner directement, en prenant quelques précautions, le chlorure de diméthyl-phényl-benzyl-ammonium (brevet français n° 414 937 et brevets additionnels de la Badische Anilin und Sodafabrik).

A cet effet, on dissout 25 parties du chlorure dans 75 parties d'acide sulfurique à 66° Bé; il se dégage de l'acide chlorhydrique, puis au sulfate obtenu on ajoute 50 parties d'acide fumant à 70°/100 en évitant un accroissement notable de la température. On chauffe ensuite quelque temps au bain-marie. La sulfonation terminée, on refroidit, on verse sur de la glace pilée et l'on neutralise à la chaux. Après avoir séparé par filtration le sulfate de chaux formé, on évapore à siccité. On obtient ainsi le sel calcaire d'un acide disulfonique d'un diméthyl-phényl-benzyl-ammonium.

Les produits obtenus, d'après l'un ou l'autre procédé, sont mis en vente comme : leucotrope W, sels pour rongeur, etc.; on les mélange aussi avec du sulfoxylate (rongalite CL par exemple).

Quant au mode d'emploi de ces préparations, il est suffisamment connu des indienneurs pour ne pas nécessiter d'autres développements.

Nous ajouterons cependant que ce procédé de rongeur permet de ronger l'indigo, non seulement en blanc, mais aussi en couleurs; il suffit pour cela d'ajouter la couleur rongeur de colorants appropriés (indanthrènes par exemple) se fixant en même temps que se fait la destruction du fond.

Enfin, ce procédé est employable pour ronger d'autres colorants à cuve : indigoïdes ou autres (2).

E. G.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Pôles additionnels pour transformateurs.

Des pôles additionnels (3) placés entre les pôles principaux des machines à courant continu permettent d'augmenter ou de diminuer la tension aux balais. Leur rôle est différent de celui des pôles auxiliaires de commutation (4), qui consiste à influencer le champ magnétique dans la zone de commutation de façon à éviter les étincelles aux balais.

Leur emploi est particulièrement indiqué pour les transformateurs à une seule carcasse d'induit, qu'ils soient homomorphiques

(courant continu en courant continu) ou polymorphiques (courant alternatif en courant continu). Ils permettent, en effet, de faire varier dans des limites déterminées le rapport de transformation, c'est-à-dire le rapport de la tension secondaire à la tension primaire. Nous exposerons, d'après l'intéressante étude de M. Pohl (1), leurs applications dans quelques cas.

TRANSFORMATEURS HOMOMORPHIQUES. — La transformation d'un courant continu d'une tension déterminée en un autre d'une tension différente, se fait ordinairement au moyen de deux machines accouplées formant un groupe moteur-générateur; elle se fait rarement au moyen d'un transformateur à une seule carcasse d'induit, c'est-à-dire au moyen d'une machine à courant continu munie de deux enroulements séparés aboutissant à deux collecteurs différents. Ce dernier mode de transformation offre, en effet, différents inconvénients : le rapport de transformation est fixé par les constantes des deux enroulements; un régulateur connecté en dérivation agirait sur le nombre de tours; mais il n'agirait pas sur le rapport de transformation. Il est impossible de compounder la dynamo, ce qui est d'autant plus grave que, en charge, la tension de la dynamo est influencée, non seulement par la chute de tension dans son enroulement, mais encore par celle dans l'enroulement du moteur. De plus, on ne peut atteindre que d'une façon très approximative le rapport de transformation désiré : les deux enroulements sont placés dans les mêmes rainures, et s'ils sont faits de la même manière, le rapport des f.é.m. dépend du rapport des conducteurs par rainures et est limité aux rapports des premiers nombres entiers tels que 4/1, 3/1, 2/1, 4/3, 5/2, etc.

Tous ces inconvénients excluent l'emploi de ce genre de machine dans la plupart des cas, malgré son prix de revient inférieur à celui d'un groupe moteur-générateur, son bon rendement, son faible encombrement et ses conditions favorables de commutation.

Ces inconvénients n'existent plus si l'on munit la machine de pôles additionnels, comme le montre la figure 1. Désignons par Φ le champ d'un pôle principal, par φ le champ d'un pôle additionnel, et plaçons les balais AA et BB des deux enroulements, représentés par des circonférences, dans la zone neutre en avant et en arrière des pôles additionnels. Le champ utile pour les balais AA est :

$$\Phi_A = \Phi + \varphi.$$

pour les balais BB :

$$\Phi_B = \Phi - \varphi.$$

Une variation de φ agit donc d'une façon différente sur les f.é.m. E_A et E_B et permet de régler le rapport :

$$\frac{E_A}{E_B} = K \frac{\Phi + \varphi}{\Phi - \varphi}.$$

On emploiera de préférence le champ renforcé $\Phi + \varphi$ pour la partie dynamo.

Si les pôles additionnels sont munis d'un enroulement shunt en relation avec un régulateur, il est possible de faire varier à volonté la tension de la dynamo. Si l'on emploie un enroulement série qui puisse être excité par le courant du moteur ou par le courant du générateur, la dynamo a la caractéristique d'une machine compoundée ou hyper-compoundée. Un bobinage compound des pôles additionnels permet le réglage de la tension à vide et le maintien de sa constance pour les différentes charges. Enfin, en renversant le sens du courant dans l'enroulement série des pôles additionnels, on obtient une caractéristique rapidement

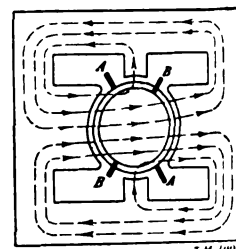


FIG. 1. — Schéma d'un transformateur homomorphique à pôles additionnels.

(1) En méthylant avec du sulfate de méthyle, un seul groupe méthyle entre en réaction; il se forme donc nécessairement du méthylsulfate de sodium.

(2) Voir aussi à ce sujet la : *Tabellarische Uebersicht der wichtigsten küpenfarbstoffe nach dem Stande des Jahres 1910*, par MM. Battegay et Grandmougin. Guebwiller (Alsace).

(3) Zusatzpole, boosting poles.

(4) Wendepole, reversing poles.

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 24.VIII.11.

tombante, ce qui peut être nécessaire dans certains cas, comme la charge automatique des accumulateurs.

Il est intéressant de voir quelle est l'influence des pôles additionnels sur le nombre de tours. L'augmentation de l'excitation, par suite de la diminution du champ du moteur dans le rapport $\frac{\Phi - \varphi}{\Phi}$, entraîne une augmentation du nombre de tours dans le

rapport $\frac{\Phi}{\Phi - \varphi}$. La tension de la dynamo augmente donc pour

deux raisons : la diminution du champ dans le rapport $\frac{\Phi - \varphi}{\Phi}$ et

l'augmentation du nombre de tours dans le rapport $\frac{\Phi}{\Phi - \varphi}$.

Si l'excitation augmente avec la charge, comme cela a lieu pour des pôles additionnels à enroulement série, la réaction d'induit s'ajoute à l'action de ces pôles.

Étudions rapidement ce qu'est cette réaction d'induit et quelles sont les conditions de commutation, dans les machines munies de ces pôles. Dans le schéma de la figure 2, la circonférence extérieure représente l'enroulement du générateur, avec ses balais AA; la circonférence intérieure, l'enroulement du moteur avec ses balais BB. Les parties noires de ces circonférences sont celles où le courant s'éloigne de l'observateur perpendiculairement au plan de la figure; les parties claires sont celles où le courant a une direction inverse. On voit immédiatement que la

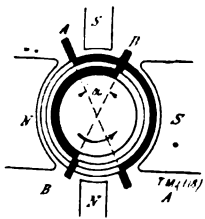


Fig. 2. — Schéma relatif à la réaction d'induit dans un transformateur homomorphe à pôles additionnels.

réaction d'induit est très faible sous les pôles principaux, car les deux enroulements agissent à cet endroit en sens contraire. La déformation du champ sous les pôles principaux dépend uniquement de la différence du nombre des ampères-conducteurs contenus dans le secteur $(180^\circ - \alpha)$.

La faible distorsion du champ dans les transformateurs directs à courant continu est d'ailleurs chose bien connue. Si nous considérons les conducteurs contenus dans le secteur α , on constate que les deux enroulements agissent dans le

même sens. Tandis que l'influence des spires transversales est très faible, il faut, au contraire, tenir compte des contre-spires.

En ce qui concerne la réaction d'induit sur les pôles additionnels, on arrive à la conclusion contraire. Il est évident que les spires transversales pour les pôles principaux sont pour eux des contre-spires, et inversement. On peut donc conclure que, pour les pôles principaux, il y a faible déformation, mais grand affaiblissement, tandis que le contraire se produit pour les pôles additionnels. Ce fait a son importance pour le calcul des enroulements excitateurs, et, pour les ampères-tours de ces pôles, il faudra tenir compte de la différence des ampères-tours des deux enroulements contenus dans le secteur $(180^\circ - \alpha)$; tandis que, dans le cas de machines à pôles auxiliaires de commutation, il faut tenir compte du nombre total par pôle des ampères-tours de l'induit.

Au point de vue de la commutation, il semblerait, à première vue, qu'il faudrait ajouter aux pôles additionnels précédents des pôles auxiliaires de commutation. Il est cependant facile de voir qu'un transformateur homomorphe à courant continu est dans de bonnes conditions de commutation. Considérons la figure 2 et supposons les pôles additionnels supprimés et les deux jeux de balais placés sur la ligne neutre ($\alpha = 0$).

Dans ce cas, non seulement la réaction d'induit tombe à une très faible valeur, mais encore l'induction mutuelle des deux faisceaux de conducteurs superposés détruit en partie les effets de la self-induction au moment de l'inversion du courant. De fait, il est possible de construire des transformateurs travaillant sans étincelles jusqu'à de fortes surcharges, lorsque les balais

sont dans la position neutre. Les conditions de commutation sont un peu moins bonnes lorsqu'on éloigne l'un de l'autre les jeux de balais ($\alpha > 0$) et que l'on introduit des pôles additionnels. L'induction mutuelle est d'autant plus faible qu' α est plus grand, et elle est presque nulle lorsque le pôle additionnel séparant les zones de commutation s'étend sur toute la longueur de l'induit, ce qui d'ailleurs a rarement lieu. Malgré cela on peut encore se trouver dans des conditions favorables. Les deux zones étant séparées, la commutation dans chacune d'elles n'intéresse que la moitié du volume du courant avec lequel travaillerait une machine ordinaire du même modèle. De plus, le champ des pôles principaux est peu déformé et leur

champ de dispersion peut être employé au moment de l'inversion du courant. On peut donc pousser les balais de la partie dynamo en avant, et les balais de la partie motrice en arrière du sens de marche.

Lorsque les pôles additionnels ont un enroulement série, on peut employer une partie de leur champ à la commutation de l'un ou l'autre jeu de balais, de sorte que le pôle additionnel agira en même temps comme pôle de commutation.

L'emploi de ce genre de transformateur est intéressant dans le cas où la tension de la dynamo doit varier dans certaines limites ou dans le cas où elle doit être automatiquement maintenue constante. Une machine construite par la Phoenix Dynamo Mfg. Co. Ltd., de Bradford, pour 480/80 volts, qui était destinée à cette dernière application, a donné la courbe de tension de la figure 3. Cette figure montre également l'augmentation du nombre de tours avec la charge (courbe pointillée).

Avec une excitation étrangère des pôles additionnels, on a pu, en maintenant constantes la tension primaire et la charge, faire varier la tension de la dynamo entre 60 et 80 volts. Les balais des deux commutateurs ont pu être réglés de façon à ce qu'il n'y ait aucune étincelle, même avec une surcharge importante.

MACHINES COMPENSATRICES. — Ce genre de transformateur peut être employé comme machine compensatrice pour réseaux à trois conducteurs. Actuellement, on emploie pour la compensation de la différence de tension des deux moitiés du réseau, deux machines shunt directement accouplées et excitées comme l'indique la figure 4. Si la régulation automatique ainsi obtenue n'est pas suffisamment exacte, on peut s'aider d'un régulateur au

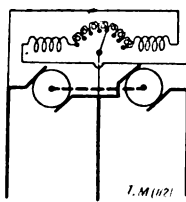


Fig. 4. — Schéma des connexions d'une machine compensatrice sans pôles additionnels.

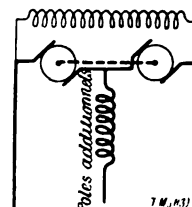
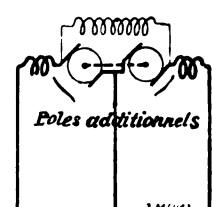


Fig. 5 et 6. — Schémas des connexions d'une machine compensatrice à pôles additionnels.



point neutre. C'est l'impossibilité de cette régulation qui avait, jusqu'à présent, banni l'emploi de machines à un seul induit. L'emploi des pôles additionnels ne supprime pas seulement cet inconvénient, mais il permet encore de maintenir une valeur constante à la tension des deux moitiés du réseau.

La machine compensatrice est en principe identique au transformateur déjà décrit, mais dans ce cas l'induit est muni de deux enroulements semblables montés en série avec les conducteurs extrêmes. Les pôles additionnels sont excités par le courant du

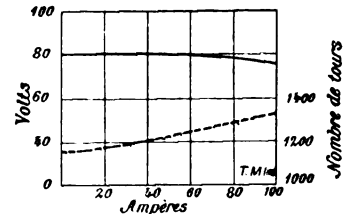


Fig. 3. — Résultats obtenus avec un transformateur devant donner une tension constante.

troisième conducteur (fig. 5) ou peuvent être symétriquement placés comme l'indique la figure 6. Si l'une des parties du réseau est plus chargée que l'autre et s'il se produit dans le conducteur neutre un courant d'un certain sens, le champ excité dans les pôles additionnels augmente la f.é.m. de l'enroulement connecté à la partie du réseau la plus chargée, qui commence à travailler en dynamo. Si la surcharge change de côté, le courant change de sens dans le conducteur neutre et l'action de la machine est inversée.

La régulation de la tension des deux moitiés du réseau est parfaite au moyen d'une dérivation en parallèle avec les enroulements des pôles additionnels. Pour que la marche soit stable, il faut naturellement que la partie dynamo ait une caractéristique de charge faiblement tombante, c'est-à-dire que la f.é.m. additionnelle soit plus faible que la chute de tension dans l'enroulement. Il faut donc employer des pôles additionnels très petits.

Ce fait a son importance au point de vue de la marche sans étincelles. Les courants de l'induit sont alternativement positifs et négatifs, pendant que les pôles principaux ont une excitation constamment de même sens, de sorte que le champ de dispersion de ces derniers ne peut être employé à améliorer la commutation.

On arrive à obtenir une bonne commutation en réduisant autant que possible la longueur axiale des pôles additionnels ainsi que la valeur de l'angle α .

La figure 7 donne les résultats obtenus avec une petite machine compensatrice ainsi construite. La régulation de la tension est assez bonne. La petite différence

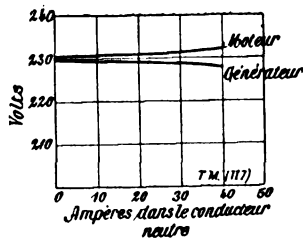


FIG. 7. — Tensions aux bornes d'une petite machine compensatrice.

des machines à un seul induit? Les survolteurs servent à compenser la perte de tension des circuits d'alimentation ou à charger les accumulateurs. Dans le premier cas, la dynamo est excitée par le circuit d'alimentation, et il est nécessaire que sa tension croisse aussi linéairement que possible avec la charge à partir de zéro; dans le second cas, on emploie ordinairement une excitation étrangère et la tension doit pouvoir, au moyen d'un régulateur à mains, varier entre zéro et une valeur maximum; elle doit diminuer quand la charge augmente.

Si l'on considère à nouveau la figure 1, on voit que l'on a :

$$E_A = K_A (\Phi + \varphi) n, \quad E_B = K_B (\Phi - \varphi) n,$$

où K_B et K_A sont des constantes dépendant des enroulements et n représente le nombre de tours.

Si l'on fait φ assez grand ou si l'on diminue Φ pour la marche à vide de façon que $\Phi = \varphi$, on a $E_B = 0$. Pour la diminution de Φ et l'augmentation de φ , on peut, en conservant la tension primaire constante faire varier E_B dans certaines limites sans faire varier le nombre de tours d'une façon notable. Il faut toutefois remarquer que, dans la figure 2, BB désignent les balais de la dynamo, tandis que AA sont ceux du moteur. La direction du courant est inverse dans les enroulements de l'induit et la réaction d'induit augmente le champ principal et élève la tension de la dynamo. En résumé, une telle machine ne pourrait être employée pour charger des accumulateurs, et elle n'est pas non plus d'un usage pratique pour les réseaux d'alimentation à cause des dimensions considérables qu'il faudrait donner aux pôles auxiliaires et de la mauvaise utilisation de la matière. On doit

toutefois remarquer qu'avec un choix judicieux des saturations on peut obtenir, pour la courbe des tensions, une ligne droite ou même une courbe concave vers le haut.

TRANSFORMATEURS POLYMORPHIQUES. — L'emploi des pôles additionnels est très important dans les convertisseurs servant à transformer du courant alternatif en courant continu. La figure 8 donne le schéma d'une telle machine. On sait que, dans un convertisseur ordinaire, le rapport des tensions aux bagues de frottement et au collecteur est constant; pour obtenir une variation de la tension au collecteur, il faut agir sur la tension alternative, ce qui d'ailleurs peut s'obtenir de différentes façons; toutefois l'emploi des pôles additionnels permet d'obtenir directement des variations du rapport de transformation dans un sens ou dans l'autre.

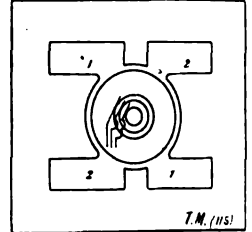


FIG. 8. — Schéma d'un transformateur polymorphe à piles auxiliaires.

Si les balais à courant continu se trouvent dans la zone neutre 1—1', la f.é.m. pour le courant continu est proportionnelle à $\Phi + \varphi$, tandis que, dans la zone 2—2', elle est proportionnelle à $\Phi - \varphi$. La f.é.m. pour les bagues de frottement restant constante, la tension continue peut varier dans le rapport $\frac{\Phi + \varphi}{\Phi - \varphi}$.

Pour obtenir ce résultat, on peut, au lieu de changer la position des balais, changer la polarité des pôles additionnels. Il s'ensuit que l'emploi des pôles additionnels permet de régler la tension continue entre les limites $K(\Phi + \varphi)$ et $K(\Phi - \varphi)$.

L. V. B.

Nouvelle machine électrique pour l'essai des matériaux.

Le professeur Kapp, de Birmingham, a construit une machine destinée à étudier l'action des efforts répétés sur la résistance des matériaux et cela dans un temps relativement court. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, 24. VIII. 11.)

La figure 1 représente schématiquement la disposition adoptée pour les essais à la traction.

L'éprouvette A est soumise aux tractions d'un électro-aimant par l'intermédiaire d'une pièce C. Les pôles de l'électro sont en P et ses bobines B sont traversées par un courant alternatif. L'entrefer est aussi ré-

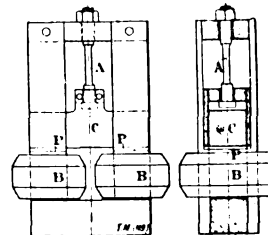


FIG. 1. — Machine électrique pour l'essai des matériaux (schéma).

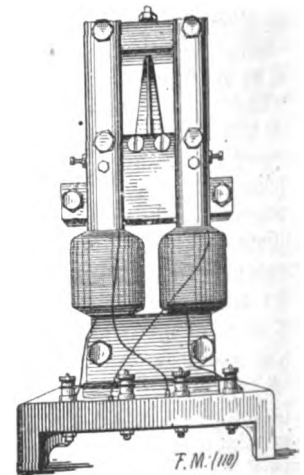


FIG. 2. — Machine électrique pour l'essai des matériaux (vue extérieure).

duit que possible et la valeur maximum de la force de traction est proportionnelle au carré du maximum du flux de force et par suite au carré de la f.é.m. induite. Dans le cas où la courbe de tension est sinusoïdale, le flux magnétique est également sinusoïdal et la valeur moyenne de la force de traction est égale à la moitié de son maximum. Pour des formes différentes de courbe, cette valeur peut être déterminée par les oscillogrammes. Si l'entrefer est très faible, la tension aux enroulements a une valeur

très voisine de la f.é.m. induite et il est possible de connaître la force de traction au moyen d'un voltmètre spécialement étalonné.

La figure 2 montre l'aspect extérieur de l'appareil. Il est destiné à un courant alternatif de 50 périodes et permet de répéter l'effort environ 10 millions de fois dans l'espace de trente heures.

En faisant varier la tension ou les connexions (les deux bobines peuvent être en série ou en parallèle), il est possible de faire varier la valeur de l'effort. Cet appareil a été construit pour donner sous 110 volts une traction maximum de 200 kg.

Des essais faits sur de l'acier avec un effort de 8 kg par millimètre carré répété 3 millions de fois, ont montré que les propriétés étaient sérieusement modifiées au point de vue de la dureté et de l'allongement.

L. V. B.

HYDRAULIQUE

Ascenseur hydraulique pour bateaux.

L'ascenseur hydraulique des Fontinettes, que nous allons décrire, est situé à Arques (Pas-de-Calais), sur le canal de Neufossé, qui met les ports de Calais, Gravelines et Dunkerque en communication avec le réseau intérieur des canaux et avec la région industrielle et minière du nord de la France (fig. 1).

Cet ascenseur a été construit pour remplacer l'écluse des Fontinettes, composée de cinq sas superposés compensant une différence de niveau de 13^m,13 et où les bateaux éprouvaient une perte de temps considérable, qui provoquait des encombrements continuels.

L'ascenseur, capable de soulever des bateaux de 300 tonnes, se compose de deux sas métalliques A (fig. 2, 3 et 4) de 40^m,35

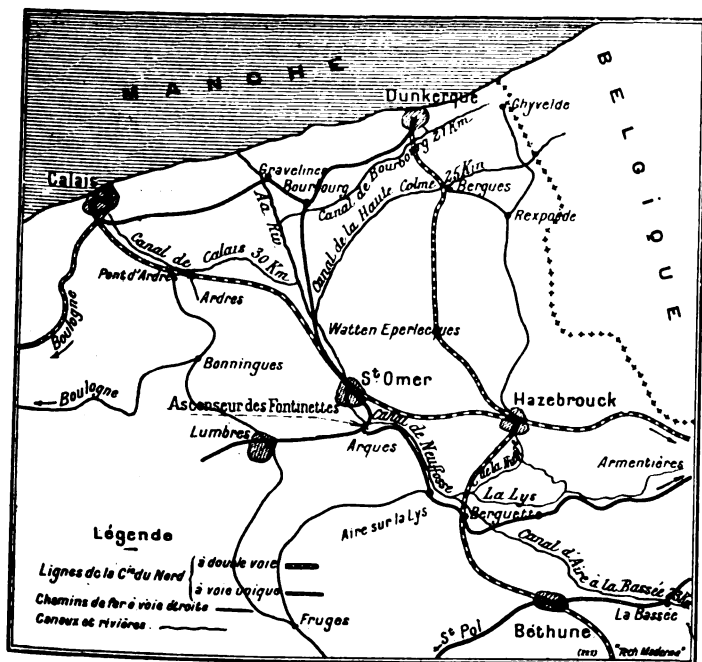


FIG. 1. — Carte de la région desservie par le canal de Neufossé.

de longueur totale. Ces deux sas sont supportés chacun par un piston de presse hydraulique.

Les deux corps de pompe peuvent être ou isolés ou réunis entre eux. Il suffit de les réunir entre eux et de donner au sas supérieur une légère surcharge pour que ce sas descende en produisant l'ascension du sas inférieur.

La longueur utile des sas est de 39^m,50; chacun d'eux se compose (fig. 2, 3, 4) de deux poutres de 5^m,50 de hauteur au centre, 3^m,50 aux extrémités, espacées de 6^m,60, reliées par des entre-

toises et boulonnées au centre sur la tête du piston plongeur.

Les abouts des sas sont fermés au moyen de portes levantes. Au bas de sa course, chaque sas se trouve logé dans une caisse en maçonnerie en contrebas du niveau du bief inférieur. Au haut de sa course, le même sas se place de façon que le niveau de

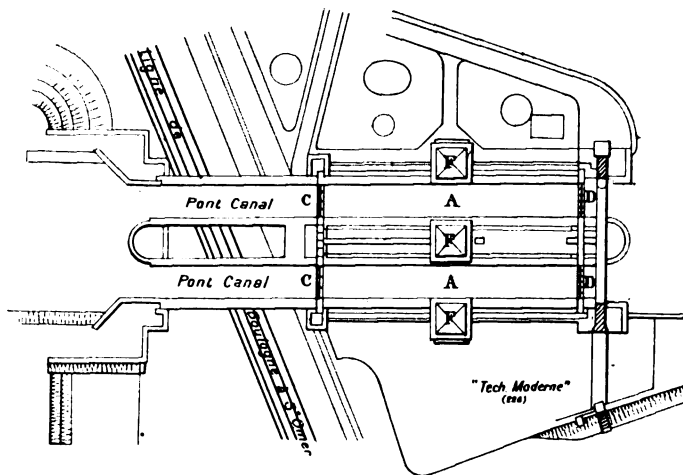


FIG. 2. — Plan de l'ascenseur.

l'eau qu'il contient soit sensiblement à hauteur du niveau du bief supérieur.

Bien entendu, les biefs inférieur et supérieur sont fermés par des portes levantes C et D correspondant aux portes des sas.

Les pistons sont en fonte; ils ont 17^m,13 de longueur, 2 m de diamètre extérieur et 0^m,07 d'épaisseur. Ils sont formés de tronçons de 2^m,80 de hauteur.

Les presses hydrauliques ont 15^m,682 de hauteur totale et 2^m,078 de diamètre intérieur. Elles sont composées d'anneaux en acier laminé sans soudures de 0^m,155 de hauteur et 0^m,06 d'épaisseur. La rigidité de l'ensemble est obtenue par des cornières verticales.

Le joint du piston est formé d'une bande de caoutchouc garnie d'une feuille de cuivre et logée dans un vide annulaire ménagé dans le couvercle, où elle est retenue par un emmanchement à baïonnette.

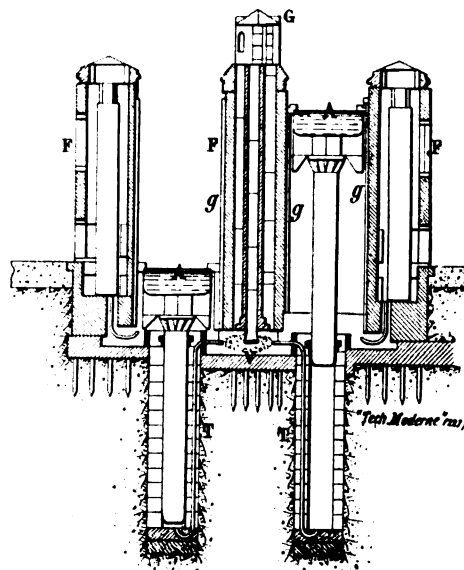


FIG. 3. — Coupe transversale de l'ascenseur.

Les sas sont guidés, à l'amont, par des guides fixés sur la culée d'amont, et, au centre, par des guides fixés sur trois tours en maçonnerie F. Les deux tours latérales contiennent des réservoirs compensateurs cylindriques en tôle de 2 m de diamètre, pouvant être mis en communication par un tuyau articulé avec chacun des sas correspondants. Ces réservoirs, destinés à éviter une perte d'eau, ne sont pas utilisés.

Un sas étant au haut de sa course, il existe un jeu de 45 mm entre lui et le bief d'amont; le joint est formé par un tuyau de caoutchouc fixé sur le pourtour de l'ouverture du bief, et que l'on gonfle d'air comprimé à 1 atmosphère 1/2 avant d'ouvrir les deux

portes (celles du sas et celle du bief amont) qui mettront l'eau du sas en communication avec celle du bief amont. Le joint des sas au bas de leur course avec le bief aval se fait de la même façon.

La manœuvre s'effectue de la manière suivante :

L'un des sas étant au haut de sa course et le joint étant situé entre ce sas et le bief amont, on remplit d'eau le vide existant entre les portes puis on soulève, au moyen d'appareils hydrauliques les deux portes (du bief et du sas). Ces portes sont d'ailleurs équilibrées par des contrepoids.

Le sas contient alors une hauteur d'eau de 2^m,40 environ. Un bateau est introduit, puis on referme les portes. Pendant ce temps, on opère de même avec le bief aval et le sas inférieur, mais ce sas se trouve placé de façon à n'avoir qu'une hauteur d'eau de 2^m,10.

Le sas supérieur a donc une hauteur d'eau supérieure lui donnant une surcharge de 64 t 6 environ, suffisante pour faire monter le sas inférieur dès qu'on met les deux corps de presse en communication par les tuyaux T et la vanne V.

L'on arrête le sas qui monte lorsque son niveau se trouve à 0^m,30 au-dessous de celui du bief amont ; le sas inférieur a alors son niveau à 0^m,30 au-dessus de celui du bief aval, et dès qu'on

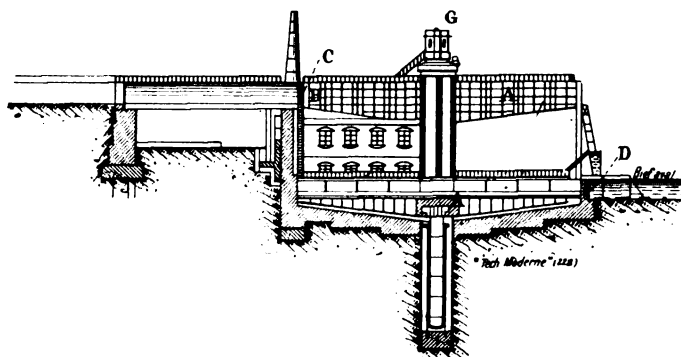


FIG. 4. — Coupe longitudinale par l'axe d'un sas.

aura ouvert les portes, le sas supérieur reprendra sa surcharge de 64 t 6, pour l'opération suivante.

Il y a lieu de remarquer que, pour une même hauteur d'eau dans un sas, le poids de ce sas est toujours le même, quel que soit le bateau qu'il contient. En effet, le poids de ce bateau est toujours égal au poids du volume d'eau déplacée.

Le poids total d'un sas, de l'eau et du bateau atteint 800 t environ. La pression de l'eau dans les presses est de 25 atmosphères.

Un bâtiment central, situé entre les deux sas, contient la machinerie, comportant deux turbines mises en mouvement par l'eau du bief supérieur.

L'une de ces turbines, d'une force de 50 chevaux, actionne quatre pompes de compression à double effet accouplées deux à deux et mettant en charge un accumulateur de 1 200 l. Cet accumulateur est destiné à compenser les pertes et à permettre, en cas de besoin, la mise en mouvement séparée de l'un des deux sas. La seconde turbine a une force de 15 chevaux ; elle actionne un compresseur d'air pour les poches de joints et une pompe d'épuisement. La chambre de commande pour le mouvement des sas se trouve en G, au sommet de la tour centrale.

A la partie amont, les bateaux accèdent aux sas par une dérivation du canal de Neufossé et en franchissant un double pont-canal métallique P, de 20^m,80 de portée, jeté au-dessus de la ligne du chemin de fer de Boulogne à Saint-Omer.

Le prix moyen de construction d'un élévateur de ce genre peut être évalué à 1 200 000 fr environ.

F. DUBAR,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

Barrages et siphons automatiques.

Les barrages actuels ne permettent pas de maintenir la constance du niveau réglementaire en amont, car ils n'évacuent l'eau que lorsque celle-ci atteint déjà une certaine hauteur au-dessus du réservoir et, si une crue subite ou un afflux brusque surviennent, l'écoulement ne peut se produire qu'avec lenteur, souvent trop tard pour éviter une surélévation dangereuse du niveau d'amont. Pour prévenir cette éventualité, on place généralement le repère à un niveau plus bas, tel qu'une crue ordinaire ne puisse pas nuire aux riverains ; mais cet abaissement diminue la hauteur de la chute, et réduit la force motrice utilisable.

Les appareils construits par les établissements Singrün ont pour but de supprimer ces inconvénients en maintenant automatiquement et mathématiquement constant le niveau du plan d'eau derrière un barrage ou dans un canal, quelles que soient les variations du débit du cours d'eau qui les alimente.

Deux solutions ont été données et consistent à utiliser soit une vanne dont l'automatisme du fonctionnement est assurée par l'action directe de l'eau, soit un siphon automatique absorbant l'eau en excès.

Les vannes automatiques se composent en principe d'un clapet articulé à sa partie inférieure et retenu à son extrémité supérieure par des câbles s'enroulant, d'autre part, sur un cylindre contrepoids qui peut se déplacer sur deux chemins de roulement séparément installés sur chaque rive (fig. 1). Supposons le clapet dans sa position supérieure : le niveau à maintenir affleure, par exemple, au sommet de l'appareil, l'eau agit sur le clapet par sa pression ; la force résultante est équilibrée par la réaction des pivots et par la tension des câbles de suspension. Cette tension tend à faire monter le contrepoids le long des voies de roulement ; il y aura équilibre pour la position de l'appareil, si les mouvements du poids propre G du rouleau et de la tension des câbles par rapport au point de contact du rouleau et de la courbe sont égaux (fig. 1) :

$$Gl_1 = Zl_2.$$

G et Z étant donnés, l'égalité précédente ne dépend que du rapport entre l_1 et l_2 ; elle sera obtenue par une direction convenable de la courbe au point de contact.

Supposons que le débit de la rivière augmente, si le niveau doit rester constant, il faut que le clapet s'abaisse, pour laisser échapper l'eau en excès, en même temps que le contrepoids se déplace sur les voies de roulement, jusqu'à ce que le système retrouve une position d'équilibre définie par

$$G'l'_1 = Z'l'_2,$$

et assurée par une nouvelle direction convenable de la courbe. L'automatisme du fonctionnement est assurée, car le niveau ten-

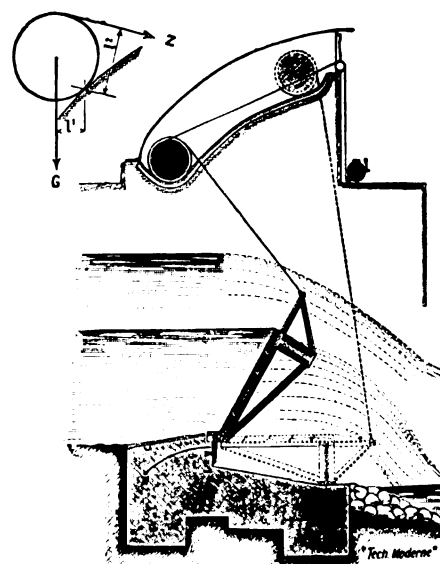


FIG. 1. — Barrage automatique par contrepoids à rouleau supérieur.

quant à s'élever, la pression sur le clapet augmente ainsi que la tension des câbles. L'équation d'équilibre est rompue au profit de Z. Le rouleau se met donc en mouvement de lui-même ; si le débit diminue, on aura naturellement un fonctionnement inverse.

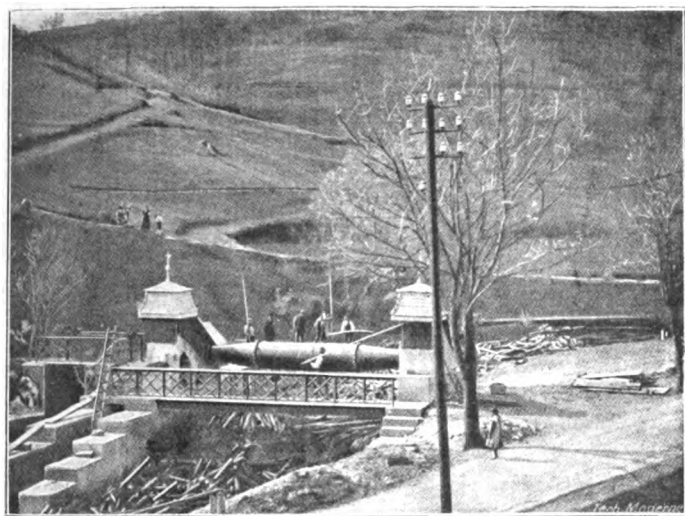


FIG. 2. — Barrage automatique servant en même temps de vanne de flottage.

La résistance au rouleau est faible, et le clapet est monté sur des couteaux qui pivotent sans résistance sensible.

Un treuil permet de remonter le rouleau à sa position supérieure et de libérer ainsi, à volonté, la section du canal.

La figure 2 montre un barrage automatique installé aux papiers des Grafenau (Bavière) et servant en même temps de vanne de flottage.

Le principe de ces barrages peut prêter à beaucoup d'autres formes de construction. Le contre-poids peut être placé en dessous du clapet, où il peut, comme l'indique la figure 3 (Installation de la Juracementfabrik, à Wildegg, Suisse), agir sur un balancier en équilibrant l'action des câbles fixés à l'autre extrémité ; il est alors constitué par un prisme en béton.

Les siphons permettent de rejeter, dans un canal de fuite, l'eau en excès au-dessus de la cote fixée, et ceci avec la vitesse correspondant à la hauteur de chute dont on dispose. Un exemple

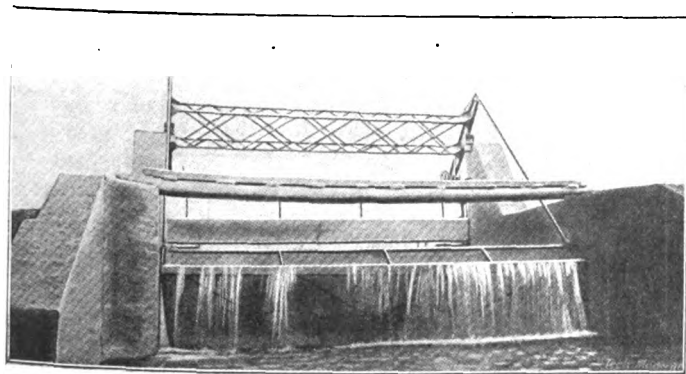


FIG. 3. — Barrage automatique à balancier.

montrera que de tels appareils remplacent avantageusement les déversoirs ordinaires :

Un canal d'aménée possède un repère, ou dispose d'une chute de 4 m. Par suite de l'arrêt des turbines, d'une crue ou de toute autre cause, on doit laisser échapper par le trop-plein un débit de 4 m³. En utilisant dans ce but un déversoir d'une longueur de 20 m, la nappe déversante atteindra une hauteur de 0^m,50 ; si

un siphon fonctionne dans les mêmes conditions, la vitesse de l'eau dans les conduites atteindra 6 à 7 m. Pour assurer le même débit, il suffira d'une section de 0^m,30 de hauteur, et il n'y aura aucune élévation du plan d'eau. Si l'idée de l'emploi du siphon n'est pas nouvelle, la difficulté résidait dans la réalisation de l'amorçage automatique sous une forme assez simple pour avoir un fonctionnement sûr.

La figure 4 est le schéma d'une installation faite chez MM. Keller à Gibswill (Suisse) ; elle montre quelle solu-

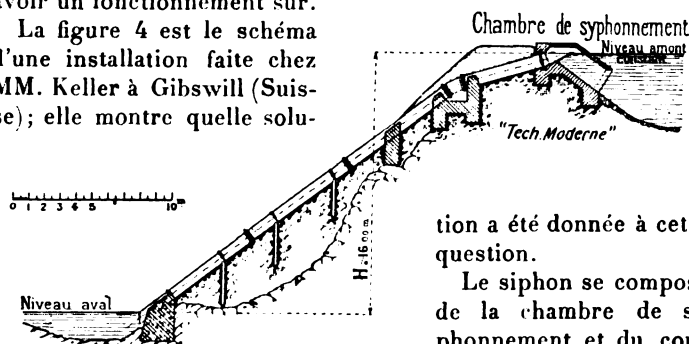


FIG. 4. — Siphon automatique.

tion a été donnée à cette question.

Le siphon se compose de la chambre de syphonement et du conduit d'échappement qui affleure à sa partie supérieure sous le niveau amont et à sa partie inférieure sous le niveau aval. L'amorçage se fait de la façon suivante : Lorsque le niveau d'amont tend à s'élever, l'eau se déverse dans le conduit par toute la périphérie de son ouverture supérieure comme par un déversoir ordinaire. En se précipitant, elle entraîne sous forme de bulles une fraction de l'air compris dans la chambre. Un vide partiel s'y produit, le niveau s'élève à l'intérieur, le déversement augmente, l'entraînement de l'air aussi et le vide se produit, la chambre se remplit d'eau, le siphon est amorcé. Il se désamorce au contraire dès que le niveau descend au-dessous de la cote fixée. Dans la figure 4, la chambre de syphonement est en béton armé, elle descend en dessous du niveau pour assurer le fonctionnement même lorsque la rivière est recouverte de glace. Le désamorçage se fait au repère grâce à de petites fenêtres placées à sa hauteur. La conduite d'évacuation est en tôle, elle repose à hauteur du sol sur des massifs en béton, son diamètre est de 70 cm à la base et, l'appareil peut débiter 5 000 m³ d'eau par seconde.

Dans le cas de faibles différences de niveau, le siphon peut être entièrement en béton.

Les barrages et les siphons automatiques tendent vers le même but ; ceux-ci s'emploient lorsqu'on dispose d'une chute de plus de 2 ou 3 m ; ceux-là dans tous les cas.

Un appareil dont le but est tout différent des précédents a été également construit par les établissements Singrün, c'est le clapet automatique. Il permet de laisser échapper d'un bief un volume d'eau déterminé, soit constant, soit variable, et ceci quelle que soit la hauteur du niveau amont.

L'appareil (fig. 5) se compose d'un vannage assujéti à rester tangent à une courbe rigoureusement déterminée, de façon que les pressions d'eau sur le clapet en dessus et en dessous du point de contact s'équilibrent, quelle que soit la hauteur du

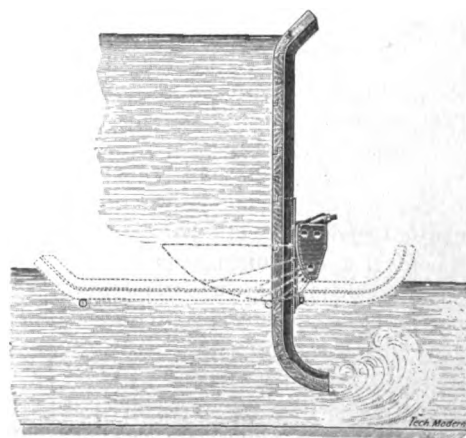


FIG. 5. — Clapet automatique.

niveau d'amont. L'ouverture laissée libre à la partie inférieure varie suivant les positions de l'appareil; elle augmente quand le clapet s'incline, c'est-à-dire quand le niveau descend et que la vitesse de sortie diminue. La vitesse et la section d'ouverture variant en sens contraire, on voit qu'il est facile de disposer l'appareil de façon à assurer un débit constant dans toutes ses positions, du moins tant qu'il existe une différence de niveau entre l'amont et l'aval.

L. V. B.

GÉNIE MARITIME

Note sur l'immersion automatique des soutes à poudre B.

La récente catastrophe du cuirassé *Liberté* nous a conduit à rechercher un système automatique assurant l'immersion immédiate des poudres, en cas d'un commencement de déflagration ou d'un excès de température.

Il est, en effet, assez probable, d'après plusieurs cas nettement constatés et d'après les propriétés connues des poudres nouvelles,

que les catastrophes par explosion à bord, comportent les phases suivantes :

1^{re} phase : Inflammation spontanée ou accidentelle d'une gargousse;

2^e phase : Communication du feu aux lots de poudre B voisins, qui déflagrent sans exploser tout d'abord;

3^e phase : Elévation de température, et surpression dans la soute si elle est fermée;

4^e phase : Transmission de la chaleur aux obus amorcés, dans la même soute pour les cartouches, ou dans la soute voisine pour les grosses munitions, d'où explosion proprement dite.

L'opération de noyer les soutes doit être faite théoriquement avant la quatrième phase, qui seule met véritablement en péril l'ensemble du bâtiment et de son personnel. Sur l'*Téna* et la *Liberté*, il semble bien

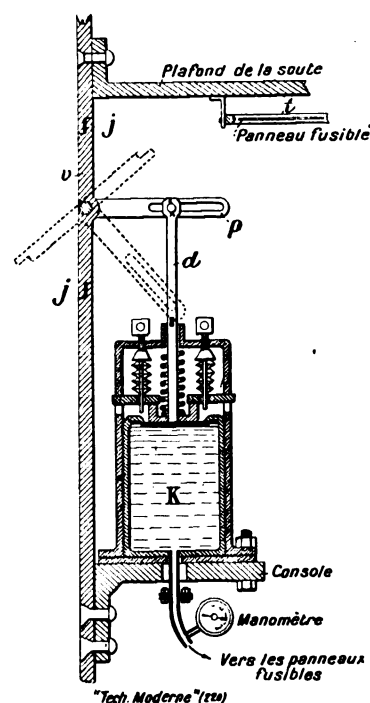


FIG. 1. — Dispositif général de l'appareil pour l'immersion automatique des soutes à poudre B.

qu'il se soit écoulé une durée de plusieurs minutes au moins entre la troisième et la quatrième phase.

Profiter, à ce moment, de la surpression ou de la chaleur dégagée pour provoquer l'immersion des poudres, tel est le principe sur lequel est basé l'appareil de sécurité que nous allons décrire (fig. 1).

Il comprend :

En *v*, une vanne à bascule équilibrée, communiquant avec la mer ou avec une conduite d'eau en charge; un joint plastique en caoutchouc *j* en assurerait l'étanchéité;

En *p*, un levier solidaire de la vanne;

En *d*, une tige munie de ressorts de rappel, et calée dans sa position normale au moyen d'une boîte *k* remplie d'eau ou d'un liquide sous pression;

En *t*, contre le plafond, et en divers points choisis d'après l'engorgement des gargouilles, des panneaux fusibles de forme appropriée. Ces panneaux seraient constitués, en principe, par un cadre de bois (fig. 2) maintenant un réseau simple de tubes d'étain de petit diamètre et de faible épaisseur communiquant

avec le liquide sous pression du réservoir *k*. On soutiendrait les tubes entre deux toiles de lin ou réseaux de cordelette.

Aussitôt qu'un jet de gaz à 230°, ou au-dessus, atteindra un point quelconque des panneaux, le liquide du tube d'étain sera vaporisé en ce point; puis, en un instant très court à cause de la petite dimension du tube, celui-ci fondra et provoquera la fuite du liquide.

Si on construit le réservoir *k* de manière qu'une fuite de liquide entraîne le rappel de la tige *d* et par conséquent l'ouverture de la vanne, on aura réalisé un organe de sécurité automatique.

Le fonctionnement exige néanmoins les précautions suivantes :

1° La vanne d'immersion doit être à la partie supérieure de la soute, pour éviter que celle-ci ne fasse simplement cloche à gaz si elle est fermée et soumise à une surpression;

2° Les ressorts doivent avoir une puissance suffisante pour démarrer ou décoller la vanne, qui prend, quel que soit son

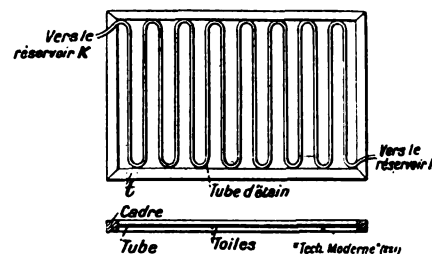


FIG. 2. — Panneau fusible.

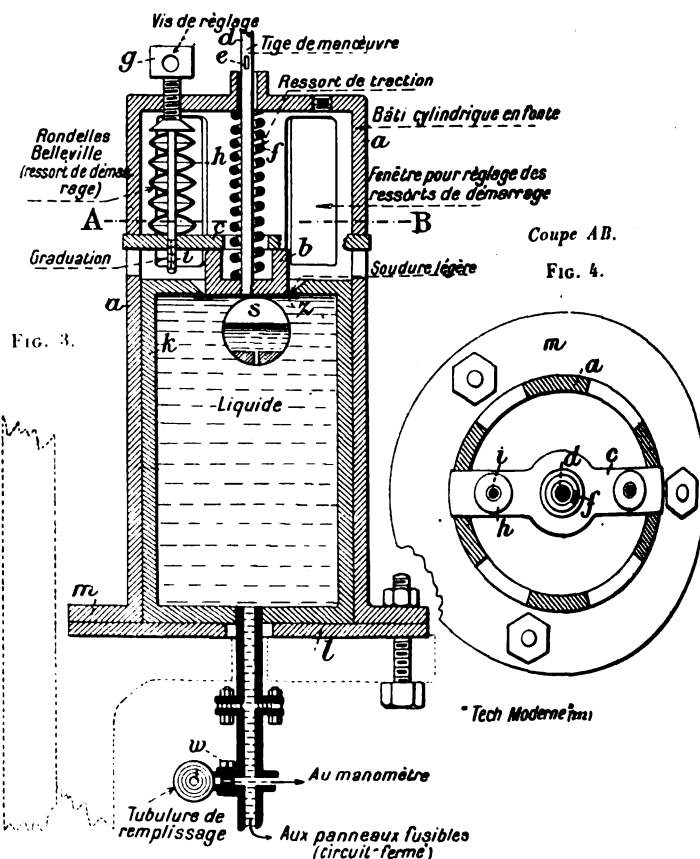


FIG. 3 et 4. — Schéma de l'appareil de sécurité.

système, une dureté de manœuvre appréciable après une longue immobilité;

3° Le système réservoir-tubes doit avoir une étanchéité parfaite, ce qui paraît exclure le choix de joints autres que les soudures;

4° La traction de la tige doit se produire dans un instant, suivant de très peu la rupture locale des tubes d'étain, ce qui

exige l'emploi, pour le réservoir *k* et les conduits, d'un fluide ou d'un mélange de fluides très peu élastique, donnant une chute de pression instantanée pour une faible fuite, tout en n'exerçant pas d'efforts de dilatation exagérés en vase clos pour les variations ordinaires de température.

Le schéma représenté aux figures 3 et 4 semblerait répondre à ces diverses conditions.

Dans le réservoir *k*, contenant le liquide, on place, avant le remplissage, une petite sphère en cuivre mince, creuse, lestée et remplie d'air, qui forme ampoule de dilatation et introduit l'élasticité nécessaire à la charge et à la dilatation ordinaires du système fluide.

La boîte *k*, en cuivre, est reliée, par son fond, à un tube de cuivre comportant une tubulure pour le remplissage de liquide sous pression, une tubulure pour manomètre, et un raccord allant aux conduits d'étain, lesquels doivent former, pour plus de sécurité, un circuit fermé.

Le rappel de la tige de manœuvre est provoqué par un ressort-spirale *f* de long développement agissant sur sa tête *b*. Le décollement initial de la vanne s'obtient par l'adjonction de deux ressorts à rondelles Belleville *h*, à gros effort et faible course, qui n'agissent qu'au début du mouvement. On en règle l'effort par les vis *g*, dont le prolongement est gradué en *i*. La tare des ressorts s'effectue à l'avance et permet d'exercer sur la tête de la tige, c'est-à-dire sur la face supérieure de la plaquette *z*, la contre-pression nécessaire pour l'équilibrer.

La pièce *c*, qui supporte l'action des rondelles, a un déplacement limité et sert également à arrêter tout mouvement de la tige et de sa tête *b* vers le haut, sous l'effort de la pression du liquide.

Un œil *e*, percé dans la tige, permet l'introduction d'une clavette suspendant à volonté l'action des ressorts pendant certaines opérations (remplissage, essais, etc...).

Soit v le volume commun intérieur de l'eau et des conduits à 4°.

A 100°, le volume de l'eau sera de 1,0431 v .

Celui des conduits, en adoptant pour l'enveloppe le coefficient de dilatation de l'étain, sera environ de 1,0058 v .

L'augmentation du volume apparent du liquide à 100° sera ainsi de :

$$v (1,0431 - 1,0058) = 0,0373 v.$$

Si le système a une contenance de 10 litres, on aurait donc à 100° un excès de 373 cm³, à compenser par la sphère ampoule (1) de dilatation pour éviter la rupture des enveloppes.

Le calcul montre que des conduits d'étain de 3 mm de diamètre intérieur et de 0mm,5 d'épaisseur peuvent résister à une pression de 100 kg environ par centimètre carré. En chargeant l'appareil de liquide à 10 kg par centimètre carré, on a une marge de sécurité très suffisante. Avec une plaquette de fermeture *z* ayant une surface de 100 cm², on a ainsi la faculté de bander les ressorts jusqu'à près d'une tonne, ce qui paraît donner la certitude de leur fonctionnement opportun, même au cas où ils seraient déjà affaiblis par la chaleur.

J. DE LASTOURS,
Capitaine du génie.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE

Recherches thermodynamiques sur les moteurs Diesel à marche rapide.

La création du moteur Diesel à marche rapide est une conséquence des efforts faits pour rendre son emploi pratique dans la marine. Nous avons pensé qu'il était intéressant, en vue des études qui seront publiées ultérieurement, de résumer ici les recherches récentes à ce sujet.

(1) Ce qui correspond à une sphère de 4 cm à 6 cm de diamètre.

Pour cette application, il fallait avant tout réduire le poids et l'encombrement de la machine, résultat auquel on est arrivé en diminuant la course du piston, par suite la hauteur du moteur et en augmentant la vitesse de ce piston. Les figures 1 et 2 donnent, à la même échelle,

les schémas d'un moteur à marche rapide et d'un moteur à marche lente de 250 ch à 4 cylindres; le premier pèse 11 800 kg, le second 22 900 kg.

Comme le montre la figure 3, la

pompe à air est, dans le cas des machines rapides, placée à l'extrémité de l'arbre-manivelle, et l'air est aspiré de façon à lécher et à refroidir tout le bâti du moteur. Cette pompe est à deux étages et comprime l'air à 50 ou 70 atmosphères.

M. Seiliger (*Zeit des Vereines deutscher Ingenieure*, 15, 22.IV.17.) a étudié ce genre de moteur. Les essais ont été effectués sur 19 ma-

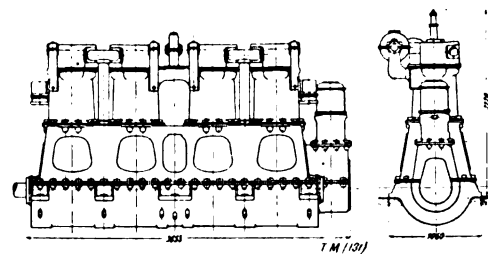


FIG. 1. — Moteur Diesel de 250 ch à marche rapide. (Même échelle que la figure 2.)

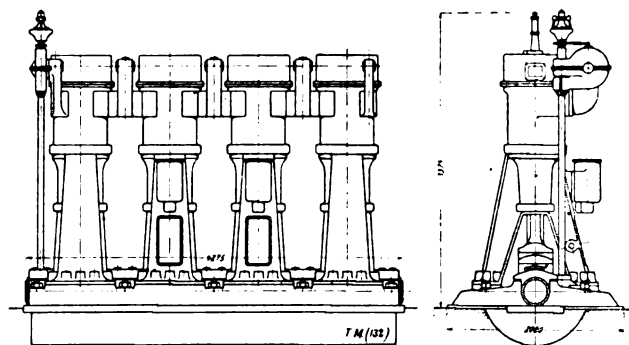


FIG. 2. — Moteur Diesel de 250 ch à marche lente. (Même échelle que la figure 1.)

chines analogues; la plupart ont duré huit heures, quelques-uns ont duré vingt-quatre heures; pendant ce temps, les moteurs travaillèrent en pleine charge, la vitesse des pistons était de 4,5 à 5 m par seconde. La puissance normale de ces machines était de 250 ch effectifs, pour une vitesse de rotation de 350 tours à

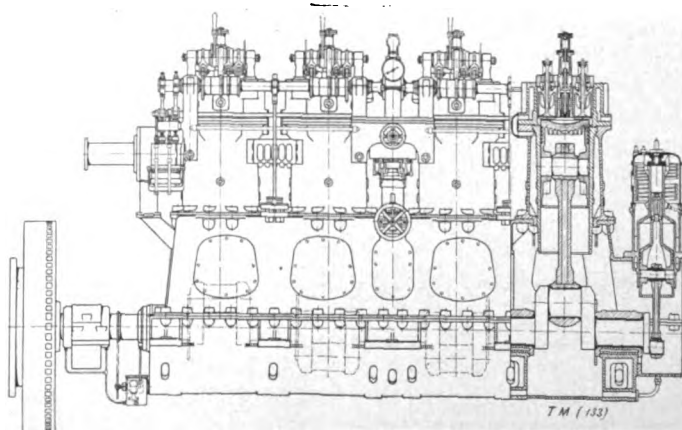


FIG. 3. — Moteur Diesel à marche rapide (Nobel).

la minute; elle pouvait atteindre 350 ch pour une vitesse de rotation de 390 tours.

La consommation de naphte a varié entre 185,5 et 205 g par cheval-heure effectif en pleine charge et à 350 tours. Les variations dépendaient du temps pendant lequel le moteur avait travaillé avant les recherches. Si les essais ont lieu sur un

moteur qui vient à peine d'être achevé, il est certain que la consommation est plus grande. En moyenne, la consommation a été par cheval-heure effectif et pour 350 tours, de 205 g en surcharge, de 195 g en charge normale, de 215 g pour les 3/4 de cette charge et de 235 g pour la 1/2 de cette charge. Au point

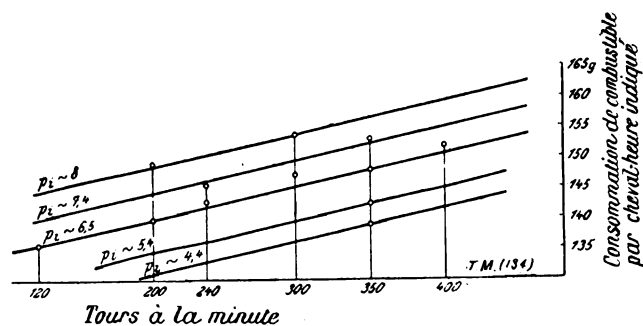


FIG. 4. — Variation de la consommation de combustibles avec le nombre de tours.

de vue de la consommation de combustible, les moteurs à marche rapide ne le cèdent donc pas aux moteurs à marche lente dont la vitesse est pour le piston de 3 m par seconde.

Des recherches ultérieures ont été faites par M. Seiliger pour déterminer l'influence de la vitesse du piston et de la pression moyenne indiquée p_i sur la marche de la machine. Les machines

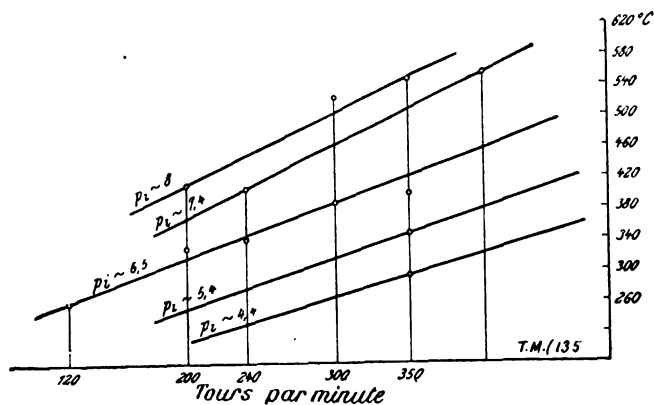


FIG. 5. — Diagramme de la température des gaz d'échappement.

qui ont servi aux essais, étaient encore à 4 cylindres; elles faisaient 350 tours à la minute; l'alésage des cylindres de travail était de 330 mm; celui de la pompe à basse pression, 230 mm; celui de la pompe à haute pression, 75 mm; la course des pistons moteurs était de 380 mm, et celle de la pompe, 180 mm. Le combustible employé était du naphte contenant 86,82 % de carbone et 13,17 % d'hydrogène; son pouvoir calorifique était de 10 876 calories. Les conclusions sont les suivantes : la consommation de combustible par cheval-heure indiqué pour une pression moyenne indiquée diminue avec le nombre de tours, pour un nombre de tours déterminé, elle diminue avec la pression moyenne indiquée (voir fig. 4). La température des gaz d'échappement, pour une pression moyenne indiquée, diminue avec le nombre de tours et, pour un nombre de tours déterminé, diminue avec la pression moyenne indiquée (fig. 5). Le travail employé pour le fonctionnement de la pompe à air est proportionnel au nombre de tours et indépendant de la pression moyenne indiquée. Le travail des résistances nuisibles

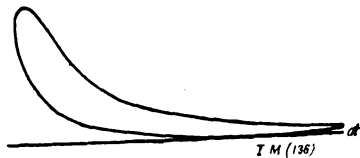


FIG. 6. — Diagramme d'un moteur Diesel.

augmente avec le nombre de tours et avec la pression moyenne indiquée. La quantité d'air dans le cylindre diminue quand le nombre de tours augmente et est indépendante de la pression moyenne indiquée.

On peut expliquer théoriquement ces résultats pratiques. Considérons le cycle théorique d'un moteur Diesel : on suppose ordinairement ce cycle composé d'une compression adiabatique jusqu'à la pression maximum, d'une combustion suivant l'isobare correspondant à cette pression maximum, d'une détente adiabatique et de l'échappement des gaz suivant une isopère. Mais si l'on compare un tel cycle avec celui de la figure 6, on voit que la combustion est d'abord accompagnée d'une élévation de pression et qu'elle se continue ensuite en partie d'après l'isobare correspondant à cette pression plus élevée et en partie d'après une courbe voisine d'une isotherme. Il semble donc plus exact de représenter le cycle Diesel comme l'indique la figure 7 : compression adiabatique suivant ab , combustion rapide à volume constant suivant bc , combustion lente à pression constante suivant cd , détente adiabatique suivant de , communication avec l'atmosphère suivant ea .

Désignons par Q_1 la quantité de chaleur correspondant à la combustion à volume constant, Q_2 celle correspondant à la combustion sous pression constante, Q_3 celle du gaz d'échappement. Soient $T_a, T_b, \dots, T_e$, les températures absolues correspondant aux points $a, b, \dots, e$; P le poids du gaz entrant en jeu dans le cycle, c_p sa chaleur spécifique à pression constante, c_v celle à volume constant. Nous poserons $x = \frac{c_p}{c_v}$ et η représentera le rendement thermique du cycle :

$$\eta = \frac{Q_1 + Q_2 - Q_3}{Q_1 + Q_2} = 1 - \frac{Q_3}{Q_1 + Q_2}.$$

On a :

$$Q_1 = P c_v (T_c - T_b) \quad Q_2 = P c_p (T_d - T_c) \quad Q_3 = P c_v (T_e - T_a)$$

et

$$\eta = 1 - \frac{T_e - T_a}{T_c - T_b + x(T_d - T_c)}.$$

Posons (fig. 7) :

$$\frac{v}{v_c} = \varepsilon \quad \frac{v_2}{v_c} = \rho \quad \frac{p_c}{p_b} = \lambda.$$

On a :

$$T_b = \left(\frac{v}{v_c}\right)^{x-1} T_a = \varepsilon^{x-1} T_a$$

$$T_c = \frac{p_c}{p_b} T_b = \lambda \varepsilon^{x-1} T_a$$

$$T_d = \frac{v_2}{v_c} T_c = \rho T_c = \rho \lambda \varepsilon^{x-1} T_a$$

$$T_e = \left(\frac{v_2}{v}\right)^{x-1} T_d = T_d \left(\frac{\rho}{\varepsilon}\right)^{x-1} = \rho^x \lambda T_a.$$

On a donc finalement :

$$\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{x-1} \lambda - 1 + x \lambda (\rho - 1)}.$$

La grandeur $\rho = \frac{v_2}{v_c} > 1$ caractérise le remplissage du cylindre : la pression moyenne indiquée augmente avec ρ . La grandeur

$\lambda = \frac{p_c}{p_s} \geq 1$ dépend pour une admission donnée de la vitesse du piston et croît avec cette vitesse. En effet, pour les vitesses moyennes, les diagrammes montrent que la combustion se fait à peu près suivant une isobare aux environs de 30 à 32 atm. Si l'on augmente la vitesse dans la même machine, la pression monte à 36 ou 37 atm, la combustion lente commence à se transformer en combustion rapide.

Sur la dernière formule donnant la valeur de η , on peut voir qu'une augmentation de ρ diminue le rendement du cycle, ce qui entraîne une augmentation de la consommation de naphte par cheval-heure indiqué; ceci revient à dire que la consommation augmente avec la pression moyenne indiquée. Une augmentation de λ diminue également le rendement du cycle, c'est-à-dire que la consommation de naphte par cheval-heure indiqué augmente avec la vitesse du piston.

La formule donnant la valeur de T_c montre qu'une augmentation de ρ , c'est-à-dire de la pression moyenne indiquée, entraîne une élévation de la température des gaz à la fin de la période de détente et par suite aussi une élévation de la température des gaz d'échappement. Une augmentation de λ , c'est-à-dire de la vitesse du piston, entraîne des conséquences analogues.

On a donc retrouvé théoriquement les conclusions des essais pratiques; nous n'insistons pas, en effet, sur celles qui regardent les résistances nuisibles et la pompe, elles sont presque intuitives.

On sait que la puissance indiquée d'un cylindre peut s'écrire sous la forme

$$(1) \quad N_i = \frac{F c p_i}{300}$$

où F représente la surface du piston en centimètres carrés, c la vitesse du piston en mètres par seconde et p_i la pression moyenne indiquée.

Si l'on désigne par Q la quantité d'air, en mètres cubes, théoriquement absorbée par la machine par heure; par ϵ le degré de remplissage du cylindre; par g_i la consommation de naphte, en kilogramme, par cheval-heure indiqué; par A la plus petite quantité d'air, en mètres cubes, nécessaire à la combustion d'un kilogramme de naphte, on a :

$$(2) \quad \epsilon Q \geq A N_i g_i$$

Mais :

$$(3) \quad Q = \frac{\pi d^2}{4} s \frac{n}{2 \cdot 100} \frac{60}{100}$$

d étant l'alésage au centimètre, s la course du piston en mètre, n le nombre de tours à la minute. On a donc en remplaçant N_i et Q dans (2) par leurs valeurs tirées de (1) et (3) :

$$(4) \quad p_i \leq 27 \frac{A g_i}{\epsilon}$$

La formule (1) peut conduire à des conclusions fausses : on pourrait, en effet, en déduire que, pour un alésage donné, il suffirait d'augmenter la quantité de naphte ou la vitesse du piston pour augmenter la puissance de la machine.

Une telle conclusion est évidemment erronée, l'inéquation (4) montre, en effet, que, pour une valeur donnée c de la vitesse du piston, la grandeur p_i ne peut pas dépasser une certaine valeur et, comme nous l'avons vu, lorsque la vitesse augmente, ϵ diminue, g_i augmente, c'est-à-dire que p_i diminue. En d'autres termes, la puissance du moteur pour un alésage donné est limitée par la valeur maximum du produit $p_i c$. La valeur maximum de ce produit pour les machines étudiées a été trouvée égale à 36; avec cette valeur, la puissance maximum indiquée est

$$N_{i \max} = 0,0942 d^2.$$

V. B.

Moteurs à gaz à deux temps de grande puissance.

On construit aujourd'hui des moteurs à gaz à deux temps de 2000 chevaux et 2500 chevaux, à un seul cylindre. M. Alan E.-L. Chorlton a fait sur ce sujet une intéressante conférence à l'Association des Ingénieurs de Manchester. Entre autres points intéressants développés par lui, il convient d'insister plus spécialement sur l'utilisation des chaleurs perdues des gaz de ces gros moteurs, les-

quelles représentent une valeur commerciale considérable. Le mode principal d'utilisation consiste dans le chauffage de chaudières à vapeur. Il convient alors de placer la chaudière le plus près possible du moteur à gaz, sans quoi le taux de vaporisation serait faible et ne justifierait plus les dépenses de première installation. Il importe également que les chaudières restent rigoureusement étanches à l'eau en raison du danger de corrosion qui résulterait de la formation d'acide sulfurique par le gaz d'échappement.

L'abaissement de température de ces gaz ne doit pas être poussé trop loin. On installe, généralement, une chaudière par cylindre, mais on obtient un bon rendement à un prix relativement réduit en utilisant au chauffage d'une seule chaudière les gaz d'échappement d'un moteur à deux cylindres jumelés avec manivelles calées à 90°. Ce dispositif assure, en effet, un courant continu de gaz à travers le faisceau tubulaire de la chaudière. Le taux de vaporisation d'une chaudière à gaz d'échappement du dispositif ordinaire est de 1 kg 35 par cheval effectif. Ce taux peut être augmenté par des dispositifs spéciaux.

Les dimensions des chaudières varient un peu suivant les conditions, mais, en moyenne, la section totale des tubes de chauffage est de 5 cm² 2 par cheval effectif du moteur; la longueur du faisceau tubulaire est de 1^m,80 à 2^m,15.

La figure 1 montre une chaudière ordinaire à faisceau tubulaire, établie très près de l'échappement d'un moteur à deux temps et à double effet. La chaudière de la figure 2 est double et d'un modèle spécial pour moteurs à cylindres jumelés; elle

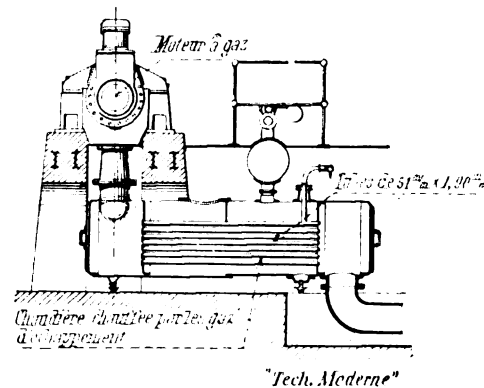


FIG. 1. — Utilisation, dans une chaudière, de la chaleur des gaz d'échappement d'un moteur monocylindrique.

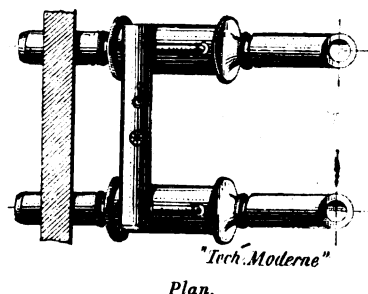
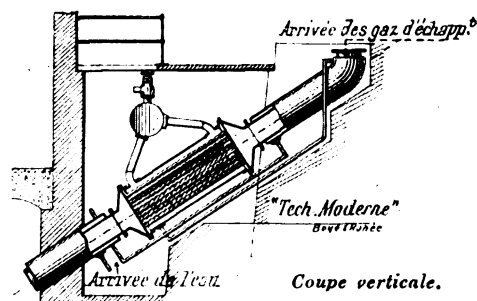


FIG. 2. — Chaudière double utilisant les gaz d'échappement d'un moteur à 2 cylindres jumelés.

La figure 1 montre une chaudière ordinaire à faisceau tubulaire, établie très près de l'échappement d'un moteur à deux temps et à double effet. La chaudière de la figure 2 est double et d'un modèle spécial pour moteurs à cylindres jumelés; elle

est munie d'un dispositif réchauffeur d'eau d'alimentation. La figure 3, au contraire, montre une chaudière à chauffage mixte par les gaz d'échappement d'un moteur et par combustion sur grille. M. Chorlton recommande ce système pour le cas d'une marche intermittente du moteur. En ce cas, ce dernier peut être

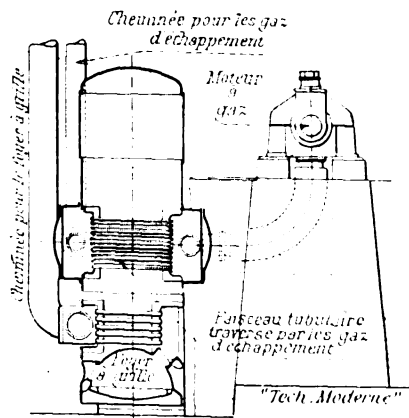


FIG. 3. — Chaudière à chauffage mixte par gaz d'échappement et charbon.

pression moyenne et la pression maximum. Cependant, cette réduction de la compression accroîtrait la consommation du moteur; aussi est-il nécessaire d'adjoindre à ce dernier un mode perfectionné d'utilisation des chaleurs perdues.

M. Chorlton voit la solution dans l'addition d'une chaudière chauffée par les gaz d'échappement et d'un moteur monocylindrique à vapeur d'un bon rendement. Il signale notamment le moteur à vapeur à courant continu et montre, par quelques chiffres, que la solution préconisée par lui réaliserait une économie sur le moteur à forte pression.

L. D.

MÉTALLURGIE ET TRAVAIL DES MÉTAUX

Des procédés à employer pour colorer les métaux.

(Suite et fin.)

COLORATION DE L'ARGENT. — Le plus fréquemment, on cherche à donner à l'argent une apparence antique en le colorant en noir au moyen d'un composé sulfurant tel qu'une solution chaude de 50 g à 55 g de sulfure d'ammonium dans un litre d'eau. On peut lustrer en frottant et obtenir, en employant du cyanure de potassium, des parties plus brillantes les unes que les autres.

Dans le cas d'alliages cuivre-argent auxquels on désire donner une belle couleur blanche, on chauffe au rouge et plonge l'alliage dans une liqueur contenant : 15 g de tartre, 30 g de chlorure de sodium, 20 g d'acide sulfurique et 1 demi-litre ou 1 litre d'eau suivant les cas.

COLORATION DE L'OR. — On lui donne une belle teinte jaune par ébullition dans une solution de 20 g d'azotate de potasse, 10 g de chlorure de sodium, 10 g d'alun, 24 g d'eau et 10 g d'acide chlorhydrique de densité 1,12.

On peut arriver au même résultat en appliquant sur l'objet une solution contenant : 30 g d'alun, 60 g d'azotate de potasse, 30 g de sulfate de zinc et 30 g de chlorure de sodium. On chauffe jusqu'à ce que l'objet devienne noir, après quoi, il est lavé à l'eau, décapé au vinaigre et relavé puis séché.

On assombrit la teinte de l'or au moyen de la cire à or, qui est étendue à chaud sur l'objet que l'on chauffe ensuite sur un feu de houille afin d'évaporer cette cire; on recommence deux fois l'opération.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 11 (novembre 1911), p. 641.

La coloration en rouge est obtenue au moyen du mélange suivant :

48 parties de craie rouge, 32 de vert-de-gris, 20 de poudre de cuivre, 32 de sulfate de cuivre, 16 de sulfate de fer et 1 de borax que l'on tamise et incorpore à 96 parties de cire fondue.

Préparation des bains. — Elle doit être faite avec beaucoup de soins; un certain nombre de ceux dont nous avons parlé sont livrés tout faits par certaines firmes.

Préservation de la couleur. — L'objet une fois coloré doit être lavé à l'eau, puis frotté soigneusement avec des chiffons propres.

S'il n'a pas un très beau poli, il faut avoir recours à un brossage par brosses tendres ou dures suivant le cas.

On aura, grâce à ce traitement, une plus grande résistance contre les agents extérieurs; néanmoins, dans quelques cas particuliers, ce n'est pas encore suffisant et on recouvre alors l'objet à protéger d'un vernis incolore. Le vernis japonais (solution de cellulose dans l'acétone) est un des meilleurs et des plus employés.

A. VIDAL.

NAVIGATION

Le pont de tonnage.

On donne le nom de « pont de tonnage » au second pont au-dessus des cales, pour les navires ayant au moins trois ponts. Mais si un navire ne possède que deux ponts, le pont de tonnage est le pont supérieur. Dans ce cas, l'appréciation du volume du navire donne lieu à des divergences notables.

Ainsi, M. L. Charlemaine signale (*Moniteur maritime*, mars et avril 1911) le cas d'un cinq-mâts mixte n'ayant que deux ponts; le premier pont au dessus des cales ayant 119^m,60 et le pont supérieur 125 m de longueur, soit 5^m,40 de différence entre les deux. Cette longueur devant être divisée en dix-huit parties égales, les sections seront donc distantes de 6^m,85 dans le premier cas et de 6^m,95 dans le second. Mais « cette division par 6^m,95 partant d'un point situé à 5^m,40 sur l'arrière de l'étambot, la dix-huitième et dernière section tombera à 1^m,55 (6^m,95 — 5^m,40) en arrière du point d'où devrait partir logiquement la longueur du tonnage, puisque c'est de ce point seulement que commence le volume réel des cales. Par suite, la position des autres sections est fautive. En vain, dira-t-on qu'à l'avant, la deuxième section sera reculée de 0^m,30; la compensation sera insuffisante, et, dans la partie centrale du navire, cette petite déviation dans la position des sections sera sans grande importance. Cette application d'un régime vicieux conduit à une différence de 161 m³ ou 57 tonneaux :

Le tonnage de ce navire, établi dans les chantiers mêmes où la construction avait été étudiée, donnait, en ne considérant que le pont supérieur, un volume de 12 910 m³

Si l'entrepont avait été calculé séparément avec sa longueur prise à demi-hauteur : 121^m,50, sa hauteur, 2^m,40 et ses diverses largeurs ramenées à une moyenne de 14^m,79, on eût trouvé un volume de 4 313 m³

La différence 8 597 m³
devait donc indiquer le volume des cotes sous le premier pont.

Mais, en effectuant directement le mesurage, on trouvait 8 758 m³
Soit un excédent de 161 m³
ou 57 tonneaux.

Ces calculs, repris par d'autres opérateurs, donnèrent des résultats un peu différents, mais laissant toujours une différence sensible entre les deux modes de mesurage.

Pris sur le pont supérieur, le volume devenait 13 372 m³
l'entrepont était le même 4 313 m³

Le volume, sous le premier pont, était ainsi de 9 059 m³
mais le mesurage direct indiquait 9 082 m³

Soit un excédent de 23 m³
ou 8 tonneaux.

On voit, par cet exemple, l'élasticité qu'il est possible de donner aux calculs des tonnages, que la douane admet sans la moindre difficulté. (Voir *Moniteur maritime*, mai et juillet 1911).

M. L. Charlemaine a indiqué, par la méthode des trois dimensions, les résultats à comparer aux précédents :

Pour le cas où le volume trouvé est de 12 910 m³, la longueur $l = 125$ m, la largeur ou ban $b = 16^m,30$, le creux $c = 8^m,03$, ces deux dernières dimensions étant relevées à la section considérée.

Le produit : lbc est donc 16,361. La plus grande section transversale se trouve à une distance n de la demi-longueur. Au cas particulier, $n = 0,444$.

Le rapport x des deux sections principales, bases de ce système (123,77 et 109,15), est donc 0,881, et, enfin, la plus grande section transversale représentant 0,95 du produit bc (ban $\times$ creux), le coefficient :

$$\frac{bn + (1x + 1)(1 - n)}{6} = 0,820.$$

le tonnage est donc :

$$16\,361 \times 0,820, \text{ ou } \dots \dots \dots 13\,416 \text{ m}^3$$

Mais ici s'impose la correction :

$$(M - m \frac{\ln}{4} \text{ soit } (M = 121,80) \dots \dots \dots 27 \text{ m}^3$$

$$\text{Le tonnage est de } \dots \dots \dots 13\,389 \text{ m}^3$$

$$\text{Au lieu de } \dots \dots \dots 12\,910 \text{ m}^3$$

$$\text{Soit une différence de } \dots \dots \dots 479 \text{ m}^3$$

Ce volume représente plus de 3 % du tonnage trouvé et semble normal, étant données les déficiences bien connues du système Moorsom, et, d'autre part, certaines irrégularités dans le mesurage des fonds.

Pour l'autre résultat : 13 372 m³, il n'y a plus qu'une différence de 17 m³, d'autant plus négligeable qu'elle se réduirait à zéro, en poussant à quatre décimales le chiffre du coefficient.

Pour le mesurage des cales au-dessous du premier pont, les deux coefficients s'appliquant au nouveau produit lbc , qui devient 10 841 (longueur, 119,60; ban, 16,10; creux, 5,63), sont 0,807 et 0,837.

On obtient ainsi, pour le tonnage, 8 735 m³ et 9 081 m³, différences qui s'expliquent par une meilleure position des sections et une appréciation plus exacte des largeurs des fonds.

D'autre part, le relevé du creux d'un navire n'est pas si simple qu'on pourrait le croire. En cas de W. B., ce creux est pris de la partie inférieure du bordé du pont de tonnage (un tiers du bouge déduit) jusqu'au vaigrage, quand il y en a un au-dessus du plafond du W. B. M. Charlemaine demande avec raison pourquoi cette dimension est comptée à partir du dessous du bordé du pont de tonnage et non pas du dessous du barrot. La hauteur du barrot sur toute la longueur et la largeur du navire représente cependant un volume qui est à peu près les 2 % de celui de la coque.

Pour le tonnage brut, l'administration française augmente les tonnages en réduisant les varangues de hauteur anormale à la limite que leur attribue le bureau Véritas.

On a estimé qu'elles ne pouvaient dépasser 0,03 de la somme du ban et du creux sur quille. La formule $0,3 (B + C)$ donnant assez exactement la hauteur normale du varangue, d'après les sociétés de classification, on décida que le creux irait se perdre à travers le W. B., jusqu'à cette limite, mais il fallut alors trouver une largeur fictive inférieure, un mesurage direct étant matériellement impossible. On adopta finalement la formule :

$$\frac{f}{2V} (V^2 - f^2).$$

On sait que le tonnage utilisable représente à peine la moitié du poids transporté. C'est ainsi qu'un navire ayant une capacité

utilisable de 1 000 t transportera environ 1 965 t, si l'on prend, comme base de comparaison, le tonneau d'affrètement de 1^m,44, soit le rapport :

$$\frac{1,44}{2,83} \text{ ou } 1,965.$$

Mais si, par suite de l'absence de vaigrage, le volume du navire se trouve majoré de 12 %, le tonneau d'affrètement est plus que doublé (2,20). Les taxes douanières cependant seront les mêmes.

La question des machines se trouve liée aussi en partie à l'absence de vaigrage, et M. Charlemaine s'est livré à ce propos à des considérations des plus intéressantes que nous ne pouvons exposer ici. Sa conclusion est que l'on devrait pratiquement calculer beaucoup plus exactement les tonnages et la ligne de charge maximum des navires.

P. B.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

La combustion catalytique et ses applications industrielles.

Il y a environ un siècle que Davy a découvert le phénomène de la combustion sans flamme, et l'on sait depuis longtemps que, lorsqu'un gaz combustible passe dans certaines conditions sur des surfaces chauffées, il continue de brûler sur celles-ci sans flamme apparente.

On n'avait pas, jusqu'ici, réussi à tirer parti industriellement de ce phénomène physique. D'après les résultats d'expériences présentés par le professeur Bone, de Leeds, à la Royal Institution, dans deux conférences faites en mars et en avril derniers, il semble, au contraire, qu'on soit aujourd'hui sur la voie d'une solution pratique.

La combustion catalytique est due à l'influence accélératrice que les surfaces chaudes exercent sur les transformations chimiques des systèmes gazeux. Ainsi, les mélanges d'hydrogène et d'oxygène paraissent inertes aux températures et aux pressions ordinaires, mais si on les porte à 450° C, la formation de vapeur peut être reconnue au bout de quelques jours, bien que la vitesse de dégagement de la chaleur, dans cette combinaison exothermique, soit insuffisante pour élever la température du mélange. Si la température de l'enceinte est portée à 550°, l'inflammation spontanée se produit, l'allure de la combustion s'accéléralant rapidement jusqu'à ce que soit atteint le point d'ignition. Cependant, si les gaz à une température sensiblement inférieure à celle nécessaire à leur inflammation spontanée, entre 420° et 450°, par exemple, sont mis en contact avec une substance poreuse à grande surface, ils brûlent sur cette surface.

Diverses expériences démontrent ce phénomène : si l'on chauffe un creuset de platine dans la flamme d'un bec Bunsen, en éteignant le bec lorsque le creuset est rouge et en laissant celui-ci noircir par refroidissement, on peut le faire rougir à nouveau sans flamme. Il suffit, pour cela, de projeter sur le creuset le jet du bec non allumé. On connaît également l'expérience classique de la spirale de platine préalablement chauffée et maintenue incandescente dans des vapeurs d'alcool méthylique.

Dulong, Thénard et Döbereiner ont observé, en 1823, que les métaux de la famille du platine n'étaient pas les seuls corps capables d'entretenir ainsi la combustion. Toutes les substances possèdent cette faculté, à des degrés divers : le platine agit au-dessous de 100°; l'or et l'argent, à 150° et 250°; le verre, le cristal de roche, etc., à 350°. Le professeur Bone a montré également que les oxydes de fer, de nickel, de cobalt agissent vers 200°-220°, l'argile à 440°, etc.

Pour expliquer cette action, diverses théories ont été émises : absorption par le platine, de l'oxygène, d'après Döbereiner; de l'hydrogène, d'après Fusineri, William Henry et Thomas Graham;

des deux à la fois, selon Faraday; de La Rive croyait à une succession rapide d'oxydations et de réductions de la substance catalytique. Nernst, envisageant la question à un point de vue tout différent, assimile les réactions dans les systèmes hétérogènes à la dissolution d'un sel dans l'eau; suivant cette théorie, la vitesse de combustion superficielle dépendrait seulement des facteurs de diffusion.

Cette manière de voir ne tient pas compte de l'activation ou ionisation des gaz par la surface, qui semble jouer le rôle principal dans le phénomène, ainsi que cela ressort des expériences du professeur Bone. La vitesse de combustion paraît être proportionnelle à la pression partielle du gaz combustible et non à celle de l'oxygène nécessaire à cette combustion. Quand on traite une surface par l'hydrogène, on augmente, en effet, son pouvoir catalytique, tandis qu'on le diminue quand on la traite par l'oxygène. Cela résulte encore des expériences du professeur Bone. En outre, la substance catalytique est elle-même affectée par le phénomène; une toile de fils d'argent, blancs, lisses et brillants avant traitement par le jet gazeux, apparaît au microscope, après les expériences, comme craquelée et recouverte d'ampoules. Bien plus, quand l'argent ou l'or absorbent ainsi de l'hydrogène, ils se chargent négativement, et positivement avec de l'oxygène. La présence d'humidité a tendance à gêner la combustion catalytique alors qu'elle favorise la combustion ordinaire.

A côté de ces recherches d'ordre purement spéculatif, le professeur Bone a réalisé une série d'expériences du plus haut intérêt pratique. Un premier appareil de chauffage par catalyse, imaginé par l'expérimentateur, consiste en un diaphragme (fig. 1) masquant l'orifice d'une sorte de pavillon auquel aboutit un tuyau d'alimentation en gaz. Le diaphragme mesure 25,4 mm d'épaisseur; il est extrêmement poreux et fait d'un aggloméré de grains d'argile, de 3,2 mm à 1,6 mm de diamètre, et de feldspath en poudre fine, le tout pétri avec addition d'eau, séché et cuit au four. En admettant d'abord du gaz seul, celui-ci traverse le diaphragme poreux et brûle avec une flamme bleue. Si l'on admet alors de l'air sous pression faible (3 mm d'eau dans les expériences du professeur Bone), la flamme s'éteint, mais il se produit aussitôt une combustion sans flamme à la surface externe du diaphragme qui rougit bientôt uniformément. En plaçant ce diaphragme renversé au-dessus d'une coupelle contenant une solution de silicate de sodium (verre soluble), le professeur Bone l'a rapidement évaporée au point que

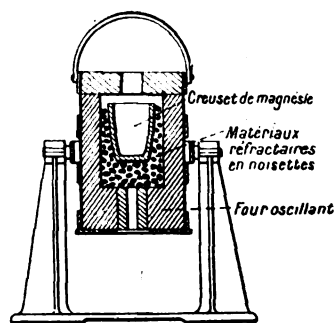


FIG. 2. — Dispositif du four à creuset chauffé par catalyse.

le résidu salin a presque pu être enlevé d'un bloc.

La figure 2 représente une autre application de laboratoire, consistant dans le chauffage d'un creuset dans un fourneau sans flamme. On peut obtenir rapidement des températures de 1 400° C à 1 500° C. A ce point de vue, on n'est, d'ailleurs, limité que par la résistance des matières réfractaires à l'action de la chaleur; on a constaté notamment des températures de 2 000° C. Ce four, et divers autres dispositifs analogues, se prêtent aux opérations métallurgiques, telles que fusion de la fonte de fer, recuit, brassure, etc., mais l'application la plus remarquable nous paraît être

celle du chauffage catalytique des chaudières à vapeur. La petite chaudière, type locomotive, qui a servi aux expériences, est représentée par la figure 3. Elle comporte trois tubes, chacun de 915 mm de longueur et de 76 mm de diamètre, remplis d'argile de Glenboig (Ecosse). Le mélange gazeux entre par la gauche du faisceau tubulaire sous une pression d'eau relativement élevée (440 mm d'eau); on

l'enflamme à l'aide d'un chalumeau; après quoi, il continue de brûler sans flamme. La zone de combustion effective s'étend à une longueur de 100 mm environ dans le faisceau tubulaire; environ 65 % de la vapeur est produite dans les 30 cm de gauche de la chaudière, 25 % dans le tiers moyen et 10 % seulement dans le

dernier tiers. Les gaz brûlés sont ensuite dépouillés de leur chaleur dans un réchauffeur d'eau d'alimentation.

La température est surtout élevée au centre de la masse poreuse; les parties au contact des parois des tubes ne sont pas très chaudes. Cependant, on peut mettre la chaudière en pression à 7 kg en vingt minutes en vaporisant 105 kg d'eau par m² de surface de chauffe et par heure, avec un rendement thermique de 94 %. Cette petite chaudière consomme par heure de 2,8 m³ à 3,35 m³ de gaz, et les gaz brûlés sortent des tubes à une température qui ne dépasse que de 70° C celle de la vapeur à la pression obtenue; cette température tombe à 90° C au sortir du réchauffeur d'eau.

Ces résultats sont tout à fait encourageants; ils ne sont, du reste, pas isolés. Le professeur Bone a fait, à Leeds, en décembre 1910, d'autres essais sur une chaudière à 10 tubes, de construction semblable. Cette chaudière était garnie d'un revêtement calorifuge réduisant à 2 % de la chaleur totale les pertes par rayonnement.

Voici quelques données relatives à ces essais :

Pression du mélange gazeux à l'entrée des tubes . . .	440 mm d'eau.
Pression des gaz à la sortie des tubes	51 —
Point d'ébullition de l'eau à 7 kg	168° C
Température des gaz à la sortie des tubes	230° C
— — — du réchauffeur	95° C
Température de l'eau à l'entrée du réchauffeur . . .	5° C 5
— — à la sortie du —	58° C
Vaporisation rapportée à 100° C par mètre cube de surface de chauffe	105 kg

Bilan calorifique :

Gaz brûlé par heure (à 0° et 760 mm)	28 m ³ 2
Pouvoir calorifique environ	5 000 cal
Chaleur totale fournie par heure	139 950 cal
Température de l'eau d'alimentation	50° C 5
Pression de la vapeur	7 kg
Eau vaporisée par heure	205 kg
— — à 100° par heure	250 kg
Chaleur transmise à l'eau	131 950 cal
Rendement thermique : 131 950/139 950	0,943

Si l'on remarque que les chaudières chauffées au gaz de haut fourneau n'ont jamais donné un rendement thermique supérieur à 0,55 sans économiseur et à 0,59 avec économiseur; que, d'autre part, un rendement de 70 % est considéré comme très élevé dans le chauffage au gaz de four à coke, on apprécie faci-

lement le progrès possible grâce à la combustion catalytique. En déduisant, en effet, 4 % sur le rendement, pour tenir compte de l'énergie nécessaire au soufflage, on réalise encore un rendement de 90 %. Si l'on sacrifie un peu sur ce rendement, il est possible d'atteindre un taux de vaporisation de 145 kg d'eau par m² de surface de chauffe et par heure, et cela sans surmener une chaudière qui n'a plus besoin ni de carneaux ni même de cheminée.

L. DESCROIX,

Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

La prévention industrielle des fumées.

Lorsqu'on introduit du charbon dans un foyer, le combustible en contact immédiat avec la matière en ignition se fend et l'eau qu'il contient s'échappe sous forme de vapeur ; les hydrocarbures distillent ensuite et produisent un abaissement de la température. Si, à ce moment, l'arrivée d'air est insuffisante ou si l'air est trop froid, les hydrocarbures atteignent les portions moins chaudes du foyer et ne brûlent qu'incomplètement. Le carbone, sous forme de noir de fumée, est alors entraîné à l'extérieur par les produits gazeux de la combustion.

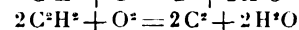
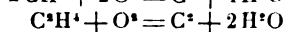
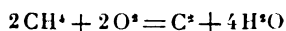
La combustion complète des hydrocarbures ne peut être réalisée qu'aux conditions suivantes :

1° Une température suffisamment élevée (700° environ) pour enflammer les gaz ;

2° Une injection d'air suffisante pour que le carbone et les hydrocarbures se transforment en acide carbonique ;

3° Un bon mélange de l'air et des hydrocarbures.

Si ces conditions ne sont pas remplies, la réaction incomplète de l'oxygène sur les hydrocarbures donne du carbone :



La fumée peut être produite :

1° Soit par la distillation directe des produits gazeux du charbon non carburés ;

2° Soit par la combustion incomplète des hydrocarbures, l'hydrogène brûlant et le charbon passant à l'état de noir de fumée.

Plus le pourcentage des matières volatiles est grand, plus la fumée a de tendance à se produire. On suppose qu'à une température suffisamment élevée, les hydrocarbures se décomposent et que le carbone mis en liberté ne se combine plus à l'oxygène dans ces conditions particulières.

Il faut donc pour que le charbon brûle sans fumée :

a) Que les gaz s'échappent du charbon d'une manière uniforme ;

b) Que ces gaz brûlent complètement soit en se rendant dans une chambre de dimensions convenables, soit en étant brassés avec l'air de façon suffisamment énergique.

C'est cette dernière condition qui est la plus difficile à réaliser.

D'après *Engineering Magazine*, on se préoccupe en Amérique de résoudre mécaniquement ce problème, mais en Europe les efforts tendent plutôt à une bonne conduite du feu ; on a même créé en Prusse des écoles de chauffeurs. Les résultats obtenus sont d'ailleurs loin d'être négligeables, le rendement tombant, dans un cas, de 72,7 % à 66,6 % et, dans un autre cas, de 82,9 % à 66,8 %, suivant que l'on emploie ou non des chauffeurs expérimentés.

On utilise parfois un jet de vapeur pour diminuer les fumées. Ce jet peut être dirigé soit en dessous de la grille, ce qui a pour effet d'amollir les machefers et d'activer le tirage, soit au-dessus de la grille dans le but de mélanger l'air avec les gaz dégagés par le charbon.

Ce système, souvent inefficace, présente deux inconvénients sérieux : il est bruyant et consomme de 5 % à 10 % de la vapeur produite.

Un autre dispositif consiste à faire échapper les hydrocarbures

volatils à travers une couche de charbon et un lit de coke incandescent. Les foyers Hawley sont basés sur ce principe. Ils comprennent deux séries de grilles. L'une est placée au-dessus du cendrier, l'autre, formée de tubes d'eau inclinés, est placée à un niveau supérieur. Il y a trois séries de portes, une pour chaque grille et une pour le cendrier.

Le charbon est placé sur la grille supérieure, l'air nécessaire à sa combustion entrant par les portes de charge, généralement ouvertes, et un supplément d'air venant du cendrier à travers un lit de coke incandescent qui le porte à une haute température. Le charbon partiellement brûlé tombe sur la grille inférieure, puis dans le cendrier. Les hydrocarbures dégagés passent à travers le combustible de la grille supérieure, où ils sont mélangés d'air, reviennent vers la grille inférieure (l'espace entre les deux grilles constituant la chambre de combustion), où ils rencontrent l'air chaud venant du cendrier. Ils brûlent alors complètement.

Les résultats obtenus sont satisfaisants, mais le coût de première installation est élevé et la conduite du feu manque de souplesse.

Les chargeurs automatiques présentent sur la conduite du feu à la main de multiples avantages : ils éliminent d'abord le coefficient personnel des chauffeurs employés ; ils permettent l'introduction du charbon sans admission d'air froid, qui abaisse la température des gaz et détériore le foyer en créant des différences notables de température entre ses diverses parties ; le charbon et les produits volatils sont brûlés complètement ; la grille est toujours uniformément chargée ; les nettoyages sont possibles, même pendant le service ; enfin, le mélange de l'air et du charbon peut être réglé de la façon la plus avantageuse pour le rendement thermique du générateur. Ce dernier avantage est le plus important facteur d'économie dans l'utilisation du combustible.

On peut diviser en trois groupes les divers chargeurs employés à l'heure actuelle :

1° Les chargeurs type Roney à grille inclinée, et type Murphis à grille en V, alimentés par la partie supérieure ;

2° Les chargeurs type Jones et Taylor où la charge se fait par le bas ;

3° Les chargeurs type Green à pulvérisation ou injection.

(A suivre.)

V.

TRAVAUX PUBLICS

Le dessèchement du Zuyderzée.

Le peuple hollandais a dû sans cesse lutter contre les flots envahisseurs : c'est ainsi que le grand golfe de Zuyderzée (5 000 km²) fut formé vers 1177 par une invasion maritime qui fit communiquer le lac Flevo avec la mer du Nord.

Mais l'envahissement progressif des eaux a provoqué de nombreux travaux de protection et de dessèchement. En 1835 notamment, les Hollandais se décidèrent à assécher la mer de Haarlem. Il creusèrent pour cela un canal d'évacuation passant par Leyde et se dirigeant vers le vieux Rhin de Katwijk ; on construisit des écluses dont les vannes, à chaque marée basse, évacuaient vers la mer, les masses d'eaux jetées dans le canal par d'innombrables pompes à vapeur travaillant nuit et jour. En dix ans, on vida ainsi 800 millions de mètres cubes.

L'idée de dessécher le golfe de Zuyderzée et de conquérir ainsi, sur la mer, une douzième province à la Hollande, est fort ancienne.

Un premier projet fut élaboré en 1848 et, depuis cette époque, on en a bien compté une dizaine. Ces projets peuvent se classer en deux catégories : ceux qui consistent à dessécher le golfe entier et ceux qui consistent à n'en dessécher que la partie septentrionale.

Sous l'impulsion de la « Zuyderzée Maatschappij », ayant pour directeur technique M. C. Lely, ministre du « Waterstaat », le gouvernement néerlandais déposa, en 1901, un projet grandiose prévoyant la construction de deux digues ou barrages partant

de l'île de Wieringen, à l'est du Helder (fig. 1). L'une de ces digues irait de la pointe sud-ouest de l'île à Ewijcksluis, dans la province de Hollande septentrionale; l'autre digue irait de la pointe nord-est de la même île au petit village de Piaam, dans la province de Frise, à mi-chemin environ entre Stavoren et Harlingen. Les deux digues projetées auraient une longueur totale de près de 30 km, leur hauteur moyenne serait de 5^m,40 et leur épaisseur de faite de 2 m. Sur la berge, large de 17 m, on projetait la construction d'une route carrossable et d'une voie ferrée, qui raccourcirait de 56 km le trajet d'Amsterdam à Leeuwarden.

La plus grande partie du Zuyderzée serait ainsi séparée de la mer du Nord et redeviendrait le lac Flevo d'autrefois, sous le nom d'Ysselmeer. Des écluses de 300 m de largeur, aménagées près de la pointe orientale de l'île de Wieringen, en auraient assuré l'écoulement. L'Ysselmeer servirait ainsi de régulateur au trop-plein des apports charriés par les tributaires du golfe durant les hautes eaux.

Mais, dans le projet Lely, la superficie de l'Ysselmeer, évaluée



FIG. 1. — Carte des projets de dessèchement du Zuyderzée.

à 3 600 km², serait réduite à 1 450 par la création de quatre grands polders, qui seraient : au Nord-Ouest, de Wieringen à Medemblik, le *Wieringenpolder*, de 190 000 hectares productifs ; au Sud-Ouest, un peu au-dessous d'Enkhuizen, et jusqu'à l'île de Marken, le *Zuidwestelijkepolder* ou *Hoornschepolder*, de 280 000 hectares ; au Sud-Est et au Sud, de l'embouchure de l'Yssel à Muiden, un grand polder, le *Zuidoostelijkepolder*, de 100 000 hectares, dit polder du Sud-Est ; enfin, au Nord-Est, s'attachant aux îles Urk et Schokland, un dernier polder, de 50 000 hectares, le *Noordoostelijkepolder*. Soit, au total, 212 000 hectares exondés, dont environ 195 000 fertilisables.

Une des conséquences de l'endigement serait que les eaux salées de l'Ysselmeer deviendraient graduellement douces. Ce fait entraînerait la ruine des pêcheries, si prospères, du Zuyderzée ; 3 000 pêcheurs, montant 1 500 embarcations et provenant de dix-huit communes riveraines du Zuyderzée, se trouveraient privés d'un travail qui, dans les bonnes années, leur rapporte près de 4 millions de francs. L'Etat pensait dédommager les pêcheurs en leur procurant des embarcations pouvant tenir la mer du Nord.

Les travaux devaient être achevés en trente-trois ans. Le prix en était évalué à 189 millions de florins (soit 378 millions de

francs). L'on comptait procéder graduellement, et commencer par la fermeture du Zuyderzée et le dessèchement des deux polders de Wieringen et de Hoorn. La grande digue devait être terminée au bout de neuf ans, et le dessèchement des polders au bout de dix-huit ans.

Après examen du Conseil d'Etat des Pays-Bas, ce projet fut renvoyé avec avis défavorable et le gouvernement le retira en 1902.

En 1907, le gouvernement reprit une partie seulement de ce grand projet, se limitant à proposer la construction du petit tronçon de digue bornant l'Amsteldiep, entre la côte occidentale, et l'île de Wieringen et l'établissement d'un seul polder, celui de Wieringen.

Le projet complet n'est pas abandonné pour cela, mais il ne serait réalisé que progressivement.

Les travaux ainsi limités présentent un avantage sur le projet Lely primitif. Le Zuyderzée n'étant plus fermé, il n'y a plus à se préoccuper d'approvisionner en eau douce les régions voisines ni de craindre les conséquences de la suppression de la pêche dans le golfe. D'autre part, la digue du polder de Wieringen devient une digue de mer, c'est-à-dire un ouvrage plus important que dans le projet de 1901.

La digue de l'Amsteldiep présentera une largeur de 2 m en couronne à la cote + 5^m,20 (par rapport au nouveau zéro d'Amsterdam). Une berge de 17 m de largeur sera aménagée au niveau + 3^m,50 à + 4 m pour l'établissement d'une route et éventuellement d'un chemin de fer. Une digue en fascines s'élèvera jusqu'aux basses eaux du côté extérieur.

La digue du polder de Wieringen, qui s'étendra depuis l'île jusqu'à Medemblik, présentera une longueur de 17 200 m. Le profil prévu sera celui des digues de mer, renforcé par un perré du côté intérieur, l'action des vagues devant être très forte durant la période d'exécution. Derrière la digue de l'Amsteldiep, on ménagera un bassin séparé par un quai du polder à assécher. La surface de ce polder sera de 19 500 hectares, dont 16 500 hectares de terrains à vendre. Ce polder sera divisé en quatre sections de niveaux différents et sera desservi par cinq stations d'épuisement d'une force totale de 2 125 chevaux. Chaque section sera pourvue de canaux de navigation, mais ceux-ci ne seront pas mis en relation avec la mer.

La fermeture de l'Amsteldiep doit avoir pour conséquence le relèvement du niveau de la mer ; on prévoit donc le renforcement et le surhaussement des digues des polders voisins.

Le coût des travaux ainsi limités est évalué à 47 millions 1/2 de fr. Ils dureront environ sept ans. Au bout de quatre ans, l'endigement sera achevé et l'on commencera les travaux d'épuisement. L'exploitation ne pourra être entreprise régulièrement que trois ans après l'achèvement du dessèchement et du lotissement. Il faudra donc dix ans pour mettre le polder en valeur. A cette époque, les dépenses auront atteint près de 59 millions de francs, en tenant compte des intérêts du capital engagé.

Le prix coûtant du terrain asséché sera de 3 570 fr l'hectare. La taxe du polder devant s'élever à 27 fr l'hectare, si l'on admet que le produit de la terre sera de 126 fr l'hectare, déduction faite de la taxe, on arrive à une valeur, capitalisée à 3 1/2 %, de 3 600 fr l'hectare. Si même la vente des terrains ne couvre pas la dépense, les avantages indirects à retirer d'un agrandissement du territoire sont suffisants pour justifier l'entreprise.

Ces travaux ont été déclarés d'utilité publique ; leur mise à exécution n'est plus qu'une question de temps, mais il semble que l'on tarde beaucoup, en Hollande, à commencer ce travail d'un intérêt cependant capital pour le pays (1).

P. B.

(1) Une commission examine actuellement si le barrage ne pourrait pas être exécuté à meilleur marché en béton armé. Voir à ce sujet l'étude de M. J.-A. Van der Kloes (*Revue des matériaux de construction*, août 1911).

NOTES DE MÉCANIQUE ET DE PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Tuyaux ondulés à grande élasticité. — L'enrichissement de l'air en oxygène dans les combustions industrielles. — Les machines à glace récentes. — Considérations qui doivent présider au choix d'un gazogène à gaz mixte, pour force motrice. — Une turbine à vapeur de puissance réduite et de rendement élevé.

Tuyaux ondulés à grande élasticité. — La figure 1 montre les tuyaux employés par un ingénieur polonais, M. Maciejewski, pour donner aux conduites l'élasticité dont elles ont besoin pour parer aux coups d'eau, coups de bélier, etc., auxquels elles sont fréquemment soumises. Ce procédé constitue le dernier progrès dans la technique des tuyauteries.

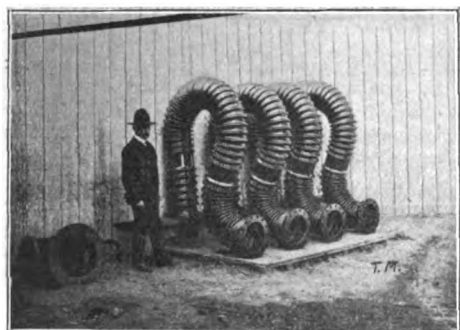


FIG. 1. — Coils de cygne en tubes ondulés.

Une machine spéciale à mandriner creuse des gorges parallèles dans le métal, ondule la surface circulaire des tuyaux; l'élasticité obtenue est telle qu'on peut couder le tuyau d'équerre ou même en

faire des cols de cygne comme l'indique la figure 1; l'élasticité longitudinale supprime naturellement l'emploi des joints de dilatation.

L'inventeur a construit une machine spéciale à ondule les tubes-foyers pour chaudières à foyer intérieur, coûtant beaucoup moins cher que les installations usuelles pour la fabrication de ces foyers.

L'enrichissement de l'air en oxygène dans les combustions industrielles. — Nous avons eu l'occasion d'assister à des expériences d'enrichissement de l'air en oxygène par le procédé centrifuge de l'ingénieur Edoardo Mazza, de Turin.

La solution d'un tel problème révolutionnerait la technique des combustions; les essais auxquels nous faisons allusion portent sur l'alimentation en air d'un haut fourneau.

Le premier appareil de M. Mazza était un séparateur centrifuge analogue aux ventilateurs, mais avec des vitesses considérables; la méthode étant basée sur la différence de densité de l'oxygène et de l'azote, plus la vitesse est grande, plus l'effet centrifuge utile est considérable. Mais en l'état actuel de la construction, il est difficile de dépasser des vitesses périphériques de 135 m par seconde, qui correspondent, pour un tambour de 10 cm de rayon seulement, à une vitesse de rotation de 12 000 tours par minute.

Pour éviter ces difficultés mécaniques, l'inventeur a imaginé de détendre l'air, préalablement comprimé, suivant un arc de cercle; la vitesse est provoquée par la détente, et la force centrifuge résulte du chemin circulaire que doit parcourir le jet de gaz.

Dans l'appareil en essai à l'usine métallurgique des environs de Liège, l'air est préalablement porté à une pression variant entre 14 cm et 18 cm de mercure (soit de 1/5 à 1/4 d'atmosphère) et se trouve enrichi (en volume) de 10 % d'oxygène, c'est-à-dire que la proportion d'oxygène passe de 21 % à 23 %. Mais un résultat auxiliaire, fort intéressant pour la métallurgie, a été également obtenu : c'est la dessiccation de l'air, résultant de la centrifugation.

On peut dire qu'à l'heure actuelle l'appareil Mazza permet d'obtenir, par cheval consommé, 300 m³ à l'heure d'air enrichi de 10 % en oxygène (soit une production horaire de 6 m³ d'oxygène par cheval) et desséché à 3 g ou 4 g d'eau par m³, ce qui équivaut à une dessiccation de 20 % à 75 %, selon l'état hygrométrique initial.

C'est là un résultat fort encourageant, puisque cet enrichissement correspond à une augmentation de la température de la flamme de 14 %; d'autres expériences sont en cours pour l'application aux fours à ciment et aux foyers de chaudières.

La puissance exigée diminue d'ailleurs si l'on soumet l'air enrichi à une centrifugation suivante. L'auteur, partant d'air atmosphérique comprimé à 400 mm d'eau, débité à raison de 1 300 m³ : heure

recueille 900 m³ : heure d'air à 23 % d'oxygène en absorbant 3 HP. Ces 900 m³ : heure recomprimés à 400 mm et centrifugés à nouveau, donnent 600 m³ : heure d'air à 26 % d'oxygène, en absorbant 2 chevaux; une troisième centrifugation donnerait un volume de 400 m³ : heure d'air à 30 % d'oxygène, avec une dépense d'énergie encore moindre. Ces chiffres correspondent à une consommation moindre par m³ d'oxygène obtenu qu'avec l'air liquide.

Les machines à glace récentes. — Dans une récente conférence à la Société industrielle de l'Est, M. Petit, directeur de l'Ecole de Brasserie de Nancy, a attiré l'attention sur deux nouveaux moyens de production du froid, favorables, en particulier, à l'emploi de petits appareils qui ont un grand avenir dans les industries alimentaires comme succédané de la glacière élassique.

Jusqu'ici, on s'était uniquement attaché à produire des « réductions » des machines ordinaires à compression d'ammoniaque, ou d'acide sulfureux, et la plus ingénieuse solution à cet égard était le frigorifère Audiffren, sans aucun presse-étoupe.

M. Petit signale deux nouvelles machines, celle de Leblanc et celle de Répin; la première fonctionne à la vapeur d'eau, la seconde au camphre. La première est une machine à éjecto-condenseur dont le principe a été décrit dans *La Technique Moderne*⁽¹⁾. Ce genre de machine se prête très bien aux installations relativement petites.

Un dispositif de machine à affinité avec l'anhydride sulfureux a été réalisé sur des principes tout différents par le Dr Répin, en se basant sur le fait que l'anhydride sulfureux est entièrement absorbé par un mélange de 75 % de camphre et de 25 % de naphтол; cette matière chauffée au plus à 100° restitue l'anhydride absorbé.

Considérons donc un cylindre (fig. 1) contenant de l'acide sulfureux liquide et dont la surface est garnie d'ailettes; soit une caisse métallique à double paroi bien étanche; la double enveloppe communiquant, d'un côté, avec le cylindre à acidesulfureux et, de l'autre, avec une chaudière contenant le mélange de camphre et de naphтол, la caisse est placée dans le liquide ou l'air qu'il faut refroidir. En ouvrant le robinet, la double enveloppe se remplit d'acide sulfureux liquide et, celui-ci s'évaporant, amène un refroidissement de l'eau salée ou de l'air, puis l'anhydride gazeux va se dissoudre dans le camphre de la chaudière. Lorsque le tube à acide sulfureux est vide, il suffit de le relier à la chaudière et de chauffer celui-ci pour produire le dégagement d'acide sulfureux qui va de nouveau se liquéfier dans le tube; les ailettes facilitent cette liquéfaction en abaissant la température du gaz. Cette machine répondrait, par sa simplicité, aux besoins de l'alimentation et même de la cuisine dans les maisons particulières.

Considérations qui doivent présider au choix d'un gazogène à gaz mixte, pour force motrice. — Le choix d'un gazogène pour moteurs à gaz pauvre étant toujours, pour l'industriel, une opération assez délicate, nous avons résumé ici, à son intention, les conditions qui doivent présider à un tel choix, d'après l'expérience que nous avons acquise au cours des nombreuses installations de ce matériel que nous avons été amené à étudier en ces dernières années.

Sans rappeler ici les principes bien connus du fonctionnement

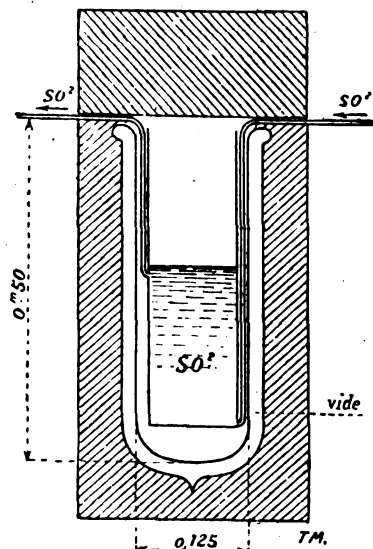


FIG. 1. — Schéma de la machine à glace Répin.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 13 (décembre 1909), p. 615 et t. III, n° 4 (avril 1911), p. 241.

d'un gazogène à gaz mixte, nous mentionnerons, pour mémoire, qu'un tel appareil doit satisfaire principalement aux conditions organiques suivantes :

I. — Un gazogène doit assurer une marche continue, et réaliser l'injection d'une quantité de vapeur d'eau suffisante pour favoriser la teneur optimale d'hydrogène dans la composition des gaz produits.

II. — Il doit assurer la plus grande teneur possible en oxyde de carbone.

III. — Il doit assurer une composition constante des gaz produits, quel que soit le régime.

IV. — Ses parois réfractaires doivent rester inattaquables par les cendres, et ses organes métalliques doivent être, le plus possible, éloignés des régions chaudes.

V. — Il doit être complété d'un système épurateur assurant l'élimination presque parfaite des goudrons et des poussières.

Chacune de ces conditions organiques impose, à son tour, divers aménagements de détails sur lesquels nous attirons tout spécialement l'attention des intéressés.

Ainsi, la considération I impose :

1° La réduction des pertes par conductibilité et rayonnement; 2° l'emploi de la chaleur dégagée par les gaz chauds sortant du gazogène, au réchauffage de l'air d'alimentation et à la surchauffe de la vapeur d'injection.

De même, la considération II impose :

1° De prolonger autant que possible la durée du contact entre l'air insufflé et le carbone incandescent; 2° De dimensionner la cuve pour recevoir une couche de combustible, de hauteur suffisante; 3° De pratiquer l'insufflation de l'air et de la vapeur d'eau au centre du gazogène, afin d'intéresser la totalité de la masse combustible, à la réaction; 4° D'assurer une température suffisamment élevée pour réduire la totalité de l'acide carbonique en oxyde de carbone; 5° D'uniformiser la hauteur de la couche de combustible.

De même la considération III impose :

1° De munir le gazogène d'un cône de chargement suffisamment étanche (à tiroir plutôt qu'à clapet), plongeant dans la cuve aussi bas que possible, afin de brûler les goudrons qui distillent avant l'introduction du combustible et d'éviter de souiller les gaz; 2° D'assurer un décrassage automatique évitant les entrées d'air accidentelles, lors de l'ouverture de la porte du foyer.

La considération IV impose :

1° L'emploi de grilles amovibles et d'accès facile; 2° D'éviter les pertes de combustible pendant le décrassage; 3° De faciliter le remplacement éventuel de l'enceinte en briques réfractaires, sans imposer le démontage des revêtements supérieurs.

Enfin, la considération V impose :

1° Un refroidissement énergique des gaz pour faciliter la condensation des goudrons; 2° Un brassage énergique des gaz dans un courant d'eau pour faciliter l'élimination des poussières. L'emploi d'un ventilateur-turbine est, à cet égard, particulièrement recommandable; 3° Un lavage et un barbotage des gaz dans un scrubber à coke, pour assurer la condensation des gouttelettes d'eau sale retenues en suspension; 4° Un séchage des gaz et, dans le cas de formation d'hydrogène sulfuré, une épuration chimique par le mélange de Laming ou autre.

Une turbine à vapeur de puissance réduite et de rendement élevé.

— Il serait sans intérêt de signaler ici l'apparition d'une turbine à vapeur de « puissance réduite » et de « rendement élevé » si nous n'avions été mis en présence de diagrammes d'essais auxquels nous croyons devoir accorder la plus entière confiance.

La turbine dont nous désirons dire quelques mots, construite par les Ateliers de Construction Oerlikon, est une turbine d'action à

un ou deux étages de pression comprenant chacun deux ou trois étages de vitesse. La vapeur qui se détend, dans le premier étage, à la pression atmosphérique, agit par son énergie cinétique seule dans les deux étages de vitesse suivants. A cet effet, la longueur des aubes est augmentée progressivement, mais la longueur de l'arc d'injection est maintenue constante afin de ne provoquer aucune perte par élargissement brusque.

Le principal avantage de cette disposition est, comme on sait, d'assurer une égale pression de part et d'autre de la roue motrice et, par suite, de ménager autour du plateau mobile un jeu relativement grand qui élimine tout danger de contact entre parties fixes et tournantes.

Un dispositif de réglage permet de modifier le nombre de tours de 10 %, tandis qu'un régulateur de sécurité coupe l'arrivée de vapeur, dès que la vitesse dépasse de 15 % sa valeur de régime.

Le graphique (fig. 1), relatif à une unité de 40 chevaux, révèle un rendement thermique de 41 % pour la turbine seule, tandis que celui de la figure 2, relatif

à une unité de 100 chevaux, fournit, dans d'égales conditions de pleine charge, un rendement de 56 %.

Enfin, la figure 3, qui résume les résultats d'essais de régulation de

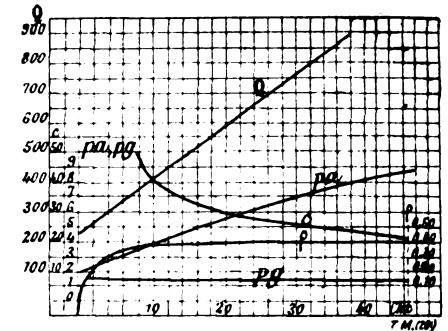


FIG. 1. — C, quantité horaire de vapeur en kg; C, consommation de vapeur en kg par cheval effectif; p_a , pression d'admission en $\text{kg-cm}^2\text{-abs.}$; p_g , pression d'échappement en $\text{kg-cm}^2\text{-abs.}$; ρ , rendement.

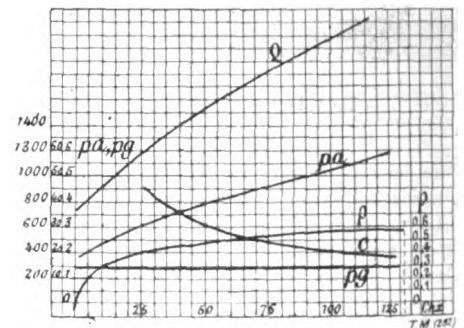


FIG. 2. — C, quantité horaire de vapeur en kg; C, consommation de vapeur en kg par cheval effectif; p_a , pression d'admission en $\text{kg-cm}^2\text{-abs.}$; p_g , pression d'échappement en $\text{kg-cm}^2\text{-abs.}$; ρ , rendement.

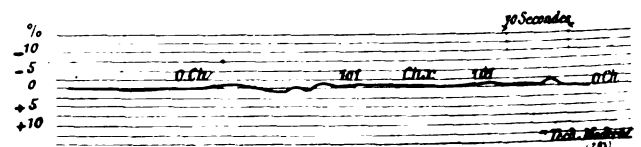


FIG. 3. — Graphique des résultats d'essais de régulation.

cette dernière turbine, démontre la précision et la rapidité de fonctionnement du régulateur à commande hélicoïdale dont sont munies ces petites unités.

J. IZART.

NOTES D'ÉLECTRICITÉ

Moteur à double collecteur pour connexion sur réseaux triphasés.
Electro-aimant de levage.

Moteur à double collecteur pour connexion sur réseaux triphasés. — A partir d'une certaine puissance, il devient impossible, en raison de la symétrie nécessaire des réseaux triphasés, de connecter

sur ces réseaux des moteurs monophasés à collecteur. Pour obvier à cet inconvénient, la firme Brown-Boveri a créé un nouveau moteur analogue comme fonctionnement à son moteur monophasé à collecteur, enroulement Déri, mais qui, par suite d'un enroulement spécial dans le moteur même, peut être connecté par les trois bornes de son stator au réseau triphasé, les trois phases du réseau étant également

chargées à toutes les puissances et à toutes les vitesses, comme cela a lieu dans un moteur triphasé ordinaire à induction.

Ce moteur, construit par la Compagnie Electro-Mécanique du Bourget, se compose essentiellement de deux moteurs à collecteur à système magnétique indépendant, dont les rotors sont, soit montés sur un arbre commun, soit eux-mêmes indépendants dans leur construction, mais reliés par accouplement électrique ou rigide. Dans les deux cas, le moteur possède un double collecteur dont les balais sont connectés comme dans le moteur monophasé à collecteur, enroulement Déri. Les balais mobiles de chaque demi-moteur sont réunis mécaniquement deux à deux et sont actionnés par un dispositif commun de réglage (volant ou levier à main, etc.). L'enroulement du stator est établi comme l'indique la figure 1; l'enroulement A est celui de l'un des demi-moteurs, l'enroulement B celui de l'autre. Les bornes de l'enroulement du stator sont désignées par les chiffres I, II et III.

Si les balais mobiles sont tenus près des balais fixes, dans la position zéro, le moteur ne produit aucun couple de rotation et il ne passe dans le stator que le courant de magnétisation égal à 30 à 40 % du courant total à pleine charge. Le facteur de puissance est alors 0,1 à 0,2, de sorte que les pertes à vide atteignent, suivant la puissance du moteur, de 3 à 6 % de la puissance normale. L'enroulement du rotor, ainsi que les parties de cet enroulement mises en court-circuit par les balais, sont absolument sans courant. Le déplacement simultané des deux groupes de balais mécaniquement accouplés détermine un couple de rotation croissant, dont le sens est opposé à celui du déplacement des balais à partir du point zéro.

Grâce à une commutation spéciale, le moteur, à la descente d'une charge par exemple, peut être freiné en déplaçant les balais de façon à les mettre dans une position correspondant à la rotation inverse. L'énergie absorbée par freinage est ainsi renvoyée au réseau. Contrairement à ce qui a lieu dans les moteurs triphasés à induction quant à la possibilité du freinage, celui-ci n'implique pas une vitesse de rotation déterminée. L'intensité de ce freinage récupérateur dépend uniquement de la position des balais mobiles. Le moteur peut être freiné jusqu'à l'arrêt complet, quel que soit son couple de rotation, c'est-à-dire que ce couple soit normal ou supérieur (deux à quatre fois) à sa valeur normale.

En général, cette disposition convient particulièrement aux moteurs

démarrage ci-dessus. L'expérience a montré que la durée des balais de charbon était de un à deux ans, suivant la durée du service journalier et les conditions de démarrages. L'usure des collecteurs est très faible. Les fortes charges que peuvent avoir à supporter les balais et le collecteur n'ont aucune action nuisible, car, en marche, le collecteur n'est soumis qu'à une faible tension. Le service du collecteur et de changement des balais peut se faire pendant la marche du moteur; la tension des balais étant presque nulle, ils peuvent être touchés sans inconvénient.

Le champ d'application des moteurs à double collecteur est très étendu. Son application la plus indiquée est la commande des machines d'extraction; cependant, il peut également servir à la commande des appareils exigeant le réglage continu de la vitesse entre de larges limites, ou un changement du sens de rotation du moteur. On peut citer la commande des pompes à piston et des compresseurs, des pompes centrifuges à faible vitesse, des chemins de rouleaux des laminoirs à blooms, des presses à briquer, etc.

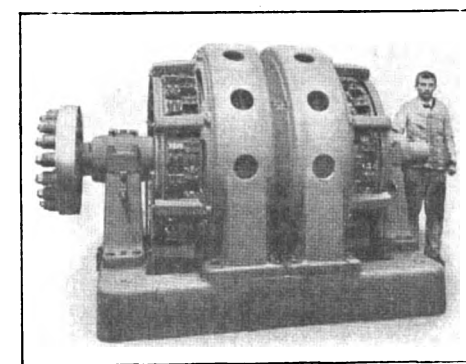


FIG. 4. — Moteur d'extraction à double collecteur.

La figure 4 représente un moteur à double collecteur, d'une puissance maximum de 280 ch, à environ 230 tours par minute, qui sert à la commande d'une machine d'extraction.

Electro-aimant de levage. — L'électro-aimant de levage construit par la firme Deutsche Maschinenfabrik et ayant figuré à l'exposition de Turin à un diamètre de 1 420 mm (fig. 1); il pèse 2 300 kg avec bobine du cuivre. L'électro pourrait être muni d'une bobine d'aluminium, ce qui réduirait le poids de l'appareil à 2 000 kg. La consommation est de 5,7 kw avec bobine de cuivre, elle serait de 20 % plus élevée avec bobine d'aluminium à cause de la plus faible conductibilité des fils d'aluminium; le rendement dans ce cas serait, d'ailleurs, un peu plus faible. D'autre part, le prix de l'appareil avec enroulement d'aluminium serait d'environ 10 % moins élevé qu'avec enroulement de cuivre.

La force portante de l'électro-aimant est d'environ 25 000 kg; il a soulevé à l'exposition une plaque de blindage de 20 t. Il est évident que le poids de matière enlevé dépend de la constitution de cette dernière; il varie de la façon suivante:

Fer brut : 1 200 à 1 500 kg; gueuses : environ 1 000 kg; copeaux de fonte : environ 800 kg; minerais suédois : 600 à 800 kg; moutons sphériques : environ 8 000 kg.

L'enveloppe de l'électro-aimant est en acier spécial et la bobine y est enfermée d'une façon étanche. Cette bobine peut d'ailleurs se

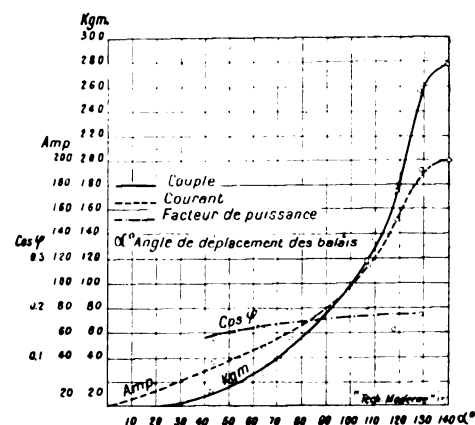


FIG. 3. — Couple de démarrage d'un moteur à double collecteur de 80 ch, 750 tours par minute, 500 volts, 50 périodes.

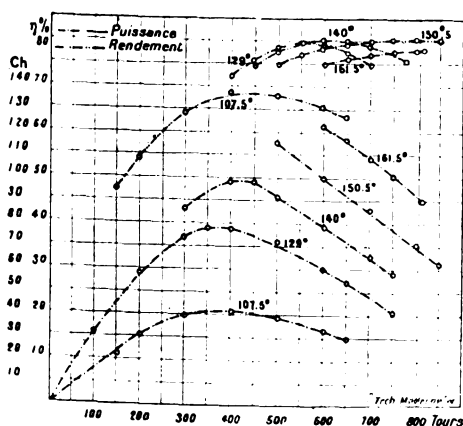


FIG. 2. — Diagramme des puissances et rendements d'un moteur à double collecteur de 80 ch, 750 tours par minute, 500 volts, 50 périodes, aux différentes positions des balais.

de l'axe. Les diagrammes des figures 2 et 3 donnent les résultats de freinage obtenus avec un moteur à deux collecteurs et à huit pôles d'une puissance de 80 ch environ, à 750 tours, 50 périodes et 500 volts. On peut constater que la consommation de courant, au moment du démarrage pour un couple relativement grand, égal à trois ou quatre fois le couple normal par exemple, n'est que le double de l'intensité normale, ce qui, pour un facteur de puissance de 0,19, équivaut à une perte d'environ 30 kw, soit à peu près 12 % de la puissance qu'absorberait un moteur de même vitesse, et dont le couple normal égalerait le couple de



FIG. 1. — Electro-aimant de levage.

dilater librement sous l'action de la chaleur. Le plateau inférieur de l'enveloppe est en acier assez dur pour ne pouvoir être travaillé qu'à la meule; il ne subit donc pas de détériorations sous l'action du choc de matières à arêtes vives.

La bobine a demandé un soin particulier; après son enroulement, elle a été placée dans le vide pour chasser toute humidité. L'appareil à vide avait une température de 80 à 90°. Après le séchage, une masse isolante spéciale (compound) a été introduite, sous la pression

de 5 at, pour boucher tous les interstices et tous les pores. Cette opération nécessite environ 30 à 40 kg de compound pour un électro-aimant de cette dimension. Cette masse isolante est un bon conducteur calorifique, ce qui est un avantage pour la dispersion de la chaleur inévitablement produite.

L'électro-aimant est relié, par de solides œillets, à 3 chaînes aboutissant à un même anneau permettant la suspension à un appareil de levage.

L. V. B.

NOTES DE MÉTALLURGIE

Les constituants de l'acier à aimants. — Le cuivre dur.

Les constituants de l'acier à aimants. — Des études approfondies ont été faites sur cette question par MM. Burgess et Aston et présentées au récent Congrès de l'Electrochemical Society of America. Elles ont porté seulement sur les aciers destinés à la fabrication des aimants permanents, tels que ceux utilisés pour les magnéto d'allumage.

Plus de cent échantillons divers contenant du chrome, du manganèse, du molybdène, du nickel et du tungstène furent essayés. Les barres furent placées dans un perméamètre après avoir été forgées et trempées à l'eau à 1000° C. Pour éviter leur oxydation lors du chauffage, on les plaça dans du chlorure de baryum fondu. On ne peut dire que la température de trempe à 1000° C. soit la plus favorable, mais les auteurs n'eurent pas la possibilité de déterminer les points singuliers de leurs aciers.

Les auteurs soumirent quelques barres à des essais de stabilité sous l'influence des chocs. Ils divisèrent leurs métaux en sept groupes :

1° *Chrome.* — Le chrome seul, même jusqu'à un pourcentage de 16,65, ne confère pas à l'acier une force coercitive suffisante pour en faire des aimants permanents, même après trempe à 900° C. La force coercitive n'est pas plus élevée avec de fortes qu'avec de faibles teneurs en chrome.

Des barres tenant du chrome et du silicium furent essayées et furent douces et à faible force coercitive à l'état forgé. La force coercitive fut inférieure à 30 dans deux cas, c'est-à-dire ne permit pas de faire des aimants permanents. La trempe augmente la force coercitive et l'induction, et permet de réaliser des aimants permanents. Les meilleurs alliages contiennent 50 % de chrome; leur induction est élevée et leur force coercitive également;

2° *Chrome-vanadium.* — L'addition de vanadium semble favorable; même après forgeage, les barres sont dures et la force coercitive élevée; la trempe apporte peu de changements. Les meilleurs résultats obtenus sont ceux des aciers à teneur moyenne en chrome. Dans quelques échantillons, le carbone était présent avec le vanadium et le silicium, mais les propriétés magnétiques ne furent pas améliorées.

Le chrome seul ne suffit pas pour faire des aimants permanents, mais si l'on ajoute à l'acier de 0,75 % à 1 % du silicium, ou de 0,3 à 0,4 de carbone, avec 50 % de chrome, on a un alliage très convenable pour faire des aimants permanents;

3° *Manganèse.* — A l'état brut de forge, la force coercitive augmente en même temps que la perméabilité diminue quand on ajoute du manganèse à l'acier. A la teneur de 10,4 %, l'alliage n'est plus magnétique. Une barre de cette nature a une grande force coercitive de 90,1, mais son induction est trop faible pour réaliser un aimant permanent. Les barres les plus satisfaisantes furent celles qui contenaient de 4,51 % à 6 % de manganèse; mais après trempe, leur force coercitive diminua;

4° *Molybdène.* — Un seul échantillon de la série fut suffisamment dur au point de vue magnétique à l'état brut de forge. C'était une barre dont la composition était la suivante : 8 de Mo, 0,3 de vanadium, 0,6 de carbone. Son induction atteignait 9 200 et sa force coercitive 39,0. La trempe ne le changea pas lorsqu'il ne tenait pas de carbone, mais lorsque ce dernier élément fut présent, on obtint de très bonnes inductions et d'excellentes forces coercitives après trempe. C'était un métal qui convenait très bien pour la fabrication des aimants;

5° *Nickel.* — Dans les alliages binaires de fer et de nickel, une augmentation de ce dernier métal produit une décroissance de l'induction et un accroissement de la force coercitive; et ainsi jusqu'à 26 % de nickel : à ce moment, le métal n'est plus magnétique. Une

trempe à 900° C. diminue la force coercitive et aucun des alliages ne convient pour un aimant permanent;

6° *Vanadium-nickel.* — L'addition de vanadium augmente la dureté magnétique; la trempe également. L'échantillon le plus satisfaisant contenait 10 de nickel et 0,6 de vanadium; il avait une induction de 9,900 et une force coercitive de 32,6. Une barre tenant 10 % de nickel et 1 de carbone avait une induction de 6,800 et une force coercitive de 62,0 après forgeage; mais après trempe, elle devint non-magnétique. Les alliages de nickel ne peuvent donc être envisagés pour la fabrication des aimants permanents. Le vanadium, comme le chrome, paraît les durcir.

7° *Tungstène.* — On essaya sept alliages tenant de 0,93 % à 23,87 % de tungstène, mais aucun d'eux ne put faire un aimant permanent. La trempe fit baisser leur force coercitive. Deux alliages qui tenaient du vanadium à raison de 0,4 de vanadium pour 4 de chrome devinrent, après trempe, des aimants exceptionnellement bons avec une induction de 11,300 et une force coercitive de 43,8.

Une barre tenant 5 de tungstène et 0,5 de carbone devint dure après trempe, et fit un bon aimant. Les alliages binaires de tungstène et de fer ne sont pas convenables pour les aimants permanents; l'addition de vanadium et de carbone les améliore à ce point de vue et ceux qui donnaient satisfaction contenaient tous du carbone.

Les auteurs essayèrent ensuite des alliages composites, parmi lesquels ceux susceptibles de prendre la trempe à l'air étaient bien appropriés à la fabrication des aimants permanents. Ils signalent encore l'influence défavorable du nickel sur la force coercitive.

Ils concluent que, pour un acier à aimant permanent, il faut employer le chrome, le manganèse, le molybdène et le tungstène; trois éléments paraissent nécessaires, quatre éléments donnent les meilleurs résultats. Le vanadium et le silicium peuvent heureusement intervenir.

Les auteurs soumirent ensuite leurs aciers à des essais au choc et constatèrent que certains d'entre eux perdent jusqu'à 50 % de leur force coercitive. Ils estiment que, pour un aimant permanent, celle-ci ne doit jamais être inférieure à 30,0. Ils recommandent l'essai de chocs.

Enfin, les compositions d'aciers qui leur paraissent convenables pour un bon aimant sont les suivantes :

- a) Chrome, 5; manganèse, 3; molybdène, 4.
- b) Chrome, 2; molybdène, 10; carbone, 0,5; vanadium, 0,3.
- c) Manganèse, 1; molybdène, 2.
- d) Manganèse, 1; molybdène, 10; carbone, 0,5.

Le cuivre dur. — Dans un très intéressant mémoire présenté au récent meeting de l'Institut des métaux, M. Pye a fort bien exposé la question très obscure du cuivre durci par écrouissage. Il a donné les prescriptions édictées par le General Post Office, qui prévoient une résistance de 27 t par pouce (1) carré pour un fil de 0 pouce 12 de diamètre et de 29 t 5 pour un fil de 0 pouce 08, ainsi qu'un enroulement six fois sur lui-même et un déroulement, puis un nouvel enroulement.

Il parle ensuite des décisions de l'Engineering Standards Committee et conclut qu'on est loin d'avoir trouvé le moyen de bien définir le cuivre dur. Les propriétés des fils de cuivre doux à haute conductibilité et celles des fils durcis par écrouissage se résument dans les caractéristiques suivantes :

Fil recuit doux. — Conductibilité élevée; résistance basse à la traction; plastique; doux.

(1) Le pouce anglais vaut environ 0^m,025 et le pouce carré 6,45 cm².

Fil écroui dur. — Conductibilité diminuée; densité élevée; haute résistance à la traction; dur et pouvant devenir cassant.

L'auteur a effectué un grand nombre d'essais de traction sur des fils de cuivre étirés à la filière, ayant des diamètres variables depuis 0,5 pouce jusqu'à 0,079 pouce. Ces fils avaient été fournis par MM. Thomas Bolton et Sons.

Des résultats obtenus avec eux, M. Pye tire les conclusions suivantes :

Les fils de cuivre écrouis ne doivent pas avoir une résistance à la traction inférieure à celle donnée par la formule :

$$T = 30 - 20D$$

et un allongement pour cent, mesuré sur une longueur de 10 pouces et comprenant la cassure, moindre que celui donné par la formule $e = 5D$.

Dans ces formules :

T = résistance à la traction, en tonnes par pouce carré de la section initiale;

e = allongement pour cent.

D = diamètre de la barrette cylindrique, exprimé en pouces.

Ces formules résultent des chiffres des essais de M. Pye; mais ce dernier cite d'autres chiffres obtenus par le Comité des fils de l'American Society for testing materials, et publiés dans *Electrical Engineer* (octobre 1909). Les essais portèrent sur des fils ayant de

0,04 à 0,46 pouce. Les formules qui représentent les essais sont les suivantes :

$$T = 31 - 20D$$

et

$$e = 4\sqrt{D}.$$

Ces formules doivent être interprétées comme donnant des valeurs minima au-dessous desquelles il ne convient pas de descendre sous peine d'avoir des fils de cuivre fragiles. Elles démontrent que les fils écrouis ont une résistance qui augmente quand leur diamètre diminue et un allongement qui suit une loi inverse.

M. Pye cite enfin les expériences de MM. Wolff et Dillinger sur la variation de résistivité des fils de cuivre étirés à froid, et donne les résultats suivants :

Diamètre des fils en pouces.	0,162	0,0808	0,0403
Conductibilité en % de celle du cuivre recuit	97,7	97,3	96,9

La conductibilité diminue avec le diamètre des fils. Le coefficient de température paraît indépendant de l'état dans lequel le cuivre se trouve. On peut dire que ce coefficient, pour la température de 20°C, est obtenu en multipliant le nombre exprimant la conductibilité par 0,00394. L'auteur indique d'ailleurs quelques coefficients pour du cuivre recuit; ce sont les suivants :

$$a_0 = 0,428; a_{10} = 0,00402; a_{20} = 0,00394; a_{30} = 0,00384$$

P. BREUIL.

NOTES DE CHIMIE

Précaution à prendre dans l'emploi de l'acétylène. — *Flotteurs sur mercure.* — *Sur les huiles essentielles: l'essence d'eucalyptus en métallurgie; falsifications des essences; variations de prix.* — *Vernis pour graveurs sur cuivre.* — *Savon composé pour dégraisage.* — *L'acide formique de la fermentation alcoolique.*

Précaution à prendre dans l'emploi de l'acétylène. — M. Adam, dans son rapport annuel sur l'inspection des établissements classés, constate que le service d'inspection a surtout à surveiller des postes de soudure autogène, car l'éclairage mixte à l'acétylène ne se trouve guère que dans les habitations privées et échappe ainsi au classement. Il a fait prescrire, dans ces postes, une mesure bien simple et fort utile: c'est de placer, entre l'appareil et le poste de soudure, une soupape hydraulique capable de s'opposer au retour des gaz du chalumeau dans le générateur d'acétylène.

L'Office central de l'acétylène a recommandé, de son côté, à ses adhérents de prendre cette précaution.

Le Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine, dans sa séance du 2 juin 1911, sur le rapport de M. l'inspecteur général Vieille, a conclu que :

« Tout en reconnaissant les garanties particulières présentées par la soupape hydraulique, il est préférable, suivant une tradition constante du Conseil, de limiter la prescription à l'énoncé du but de sécurité à atteindre sans l'indication précise du dispositif permettant de le réaliser, cette réalisation restant faite sous la responsabilité de l'intéressé ».

En conséquence, les mots « une soupape hydraulique » sont remplacés par le terme « un dispositif ».

Flotteurs sur mercure. — Une application bien spéciale du mercure est présentée dans les termes suivants par *Le Cosmos* :

« Le mercure est un corps très lourd. Un litre de ce métal liquide pèse plus de treize fois et demie autant que l'eau; 1 l d'eau pèse 1 kg, mais 1 l de mercure pèse 13 kg et demi. On comprend l'émoi que l'on ressent à saisir une bouteille remplie de mercure, si l'on n'est pas prévenu. Le mercure est le liquide le plus lourd que l'on connaisse à la température ordinaire; il est plus lourd que le plus grand nombre des corps et ceux-ci flottent à sa surface, si l'on excepte quelques métaux parmi les plus lourds, car le fer est moitié moins lourd que le mercure, le plomb lui-même est moins lourd (densité $d = 11,35$). Seuls, le tungstène ($d = 17$), le tantale ($d = 16,8$), l'or ($d = 19,50$), le platine ($d = 21,5$), l'iridium ($d = 22,3$), enfin

l'osmium ($d = 22,5$) s'enfoncent d'eux-mêmes. Les autres corps ne s'enfoncent dans le mercure qu'à condition d'exercer un effort égal, par litre de leur volume, à autant de fois 1 kg qu'il y a de différence entre la densité du mercure et la leur. Un être humain de petite stature, cubant 100 dm³, aurait donc besoin pour arriver à s'enfoncer tout entier dans le mercure, d'exercer un effort égal à 1350 kgs, c'est-à-dire l'effort d'au moins quatre chevaux en *plein coup de collier*. C'est une application du fameux principe d'Archimède qui veut que tout corps plongé dans un fluide perde, de son poids propre, le poids du fluide déplacé.

Ce fait a trouvé une application dans les phares pour faciliter la rotation des feux tournants. En équilibrant tout le système d'éclairage au moyen de flotteurs solidaires du système et reposant dans une cuve annulaire remplie de mercure, on a obtenu les résultats les plus satisfaisants, puisque l'effort à faire pour tourner sur ses galets dans le chemin de roulement a pu être réduit des deux tiers et même des trois quarts, ce qui réduit d'autant le travail moteur, soit de remonte du poids par le gardien, soit de la dynamo.

Le même fait vient de recevoir, pour la première fois à notre connaissance, son application au fonctionnement de la travée tournante d'un pont ».

Le viaduc en béton armé avec travée tournante métallique de l'Eguille, sur la ligne de Royan à Saint-Agnant, remplace un bac pour la traversée de la Seudre, dont la largeur à cet endroit est de 130 m (Annales des ponts et chaussées, septembre 1911).

M. P. Alexandre, ingénieur des ponts et chaussées au service des lignes nouvelles des chemins de fer de l'Etat, qui dirigea l'établissement de ce viaduc, a fait adopter au pont tournant symétrique un dispositif de flotteurs à mercure. Il réduit ainsi le poids à mettre en mouvement et permet une manœuvre rapide, même par un seul pontier peu valide, une partie importante du poids roulant sur les galets étant ainsi équilibrée par ce dispositif très simple.

La hauteur immergée de la caisse-plongeur est de 73 cm; il en résulte sur le fond une pression de 1 kg par centimètre carré, soit une poussée totale de 22 t 800, qui réduit d'autant le poids de 35500 kg reposant sur les galets. 847 kg de mercure valant 6260 f ont été employés. L'épaisseur de la lame de mercure est de 7 mm.

Sur les huiles essentielles : l'essence d'eucalyptus en métallurgie; falsifications des essences; variations de prix. — L'essence d'eucalyptus s'emploie beaucoup, depuis quelque temps, en Australie, dans l'industrie métallurgique. Un des correspondants de la maison

Schimmel, de Leipzig, qui habite ce pays, lui a fait parvenir, sur ce sujet, les renseignements suivants :

« Pendant l'année écoulée, il a été consommé une quantité énorme d'essence dans les districts miniers pour l'extraction des sulfures de plomb et de zinc. On émulsionne à peu près 1/2 livre anglaise (environ 226 gr 7) d'essence dans environ 100 gallons d'eau (environ 454 l 4) en agitant fortement le tout, puis on délaie, dans ce mélange, les minerais lévités ou réduits en poudre fine. L'essence d'eucalyptus fixe les fines particules de sulfures et les entraîne à la surface, avec l'argent et l'or qu'elles contiennent. On obtient ainsi jusqu'à 95 % de rendement de la teneur réelle du minerai pulvérisé, par le fait de l'emploi d'essence d'eucalyptus. Aux mines de Barrier, la consommation d'essence d'eucalyptus atteint déjà près de 10 t par mois, et cette demande extraordinaire rend les distillateurs indépendants du marché mondial. »

Les falsificateurs ont toujours beau jeu avec les essences. On pourrait citer mille et un de leurs tours. Un des clients de la maison Schimmel lui a envoyé à l'examen deux échantillons d'essence dite de géranium, qui n'en contenaient guère. L'une se composait presque exclusivement d'essence de gingergrass; l'autre renfermait 30 % d'essence de baume de gaurjun.

Une essence dite de bergamote se composait de limonène, de linalol, d'acétate de terpinyle et de citrate d'éthyle. Mêlée à partie égale d'essence pure, on obtient un liquide qui est une imitation très proche de l'essence véritable.

Une essence de bois de santal était additionnée d'essence de bois de gayac, dont le prix n'est que le tiers de la première, et aussi de benzoate de benzyle.

Les prix ont été particulièrement élevés, en 1911. L'essence de bergamote, de 40 fr à 44 fr le kg en mars, s'est élevée jusqu'à 57 fr. L'essence de mandarine a atteint 130 fr au printemps. L'essence d'orange douce de 15 fr en mars, est arrivée à 22 fr 50. L'essence de bergamote est montée à un niveau qu'elle n'avait pas connu depuis un demi-siècle. « Ce fait est dû à plusieurs motifs. Tout d'abord, la quantité d'essence produite dans le midi de l'Italie, depuis trois ans, a été inférieure à celle qu'on a fabriquée durant les trois années qui ont précédé le tremblement de terre de Messine. En second lieu, on peut hardiment admettre que les adultérations se pratiquaient précédemment sur un pied bien plus grand que maintenant; le déficit en essence exportable peut être évalué, de ce fait, largement à 15 % ou 20 %. Une nouvelle déduction de 10 % peut être attribuée à ce que, après le tremblement de terre de 1908, une quantité de jardins bergamotiers ont été déboisés pour établir des baraquements dans le voisinage immédiat des décombres des anciennes localités. On peut donc admettre qu'à récoltes égales, le commerce dispose aujourd'hui d'un quart ou d'un tiers en moins d'essence de bergamote qu'il y a quatre ou cinq ans. A cela, il faut ajouter que les propriétaires des plantations de bergamotiers et les fabri-

cants d'essence ont gagné beaucoup d'argent dans ces dernières années, grâce à la marche ascendante des prix, et sont généralement à l'aise, voire même riches, ce qui leur permet de retenir leurs produits et d'en tirer un parti plus avantageux. » (Lettre de M. *Eduardo Jacob* de Messine à la maison Schimmel.)

Vernis pour graveurs sur cuivre. — A la séance du 31 octobre 1911 du Comité de Chimie de la Société industrielle de Mulhouse, M. *Charles Weiss* a fait une communication dont l'importance pratique est très grande. La dissolution de bitume de Judée dans l'essence de térébenthine forme un enduit très utile pour la gravure sur cuivre rouge à l'eau forte. Cet enduit est résistant à l'acide nitrique. Mais il se détache dans l'acide, si l'on n'a pas la précaution de se servir d'essence rectifiée sur l'eau bouillante, qui est le meilleur moyen d'assurer la dissolution parfaite du bitume de Judée; sinon, il faut remplacer l'essence par de la benzine.

Savon composé pour dégraissage. — Faire entrer dans un même composé plusieurs des produits employés au dégraissage donnerait un mixte d'une action spécifique supérieure, mais les savons n'absorbent que 3 % des dissolvants ordinaires des corps gras.

Le savon d'huile pour rouge ou sulforicinate ammoniacal absorbe bien l'alcool, l'éther, la benzine, l'essence de térébenthine, le tétrachlorure de carbone.

On arrivera à faire absorber aux savons ordinaires une proportion élevée de ces dissolvants pour graisses, si l'on diminue de moitié la quantité des acides gras contenue dans les savons durs, et d'un quart celle des savons mous, et si on augmente la proportion d'alcali; on arrive ainsi à faire absorber au savon, non plus 3 %, mais de 20 % à 25 % de dissolvant. Par exemple, 1 000 kg d'huile de lin sont saponifiés avec 450 kg d'une solution de potasse caustique à 1/2, avec 3 500 kg d'eau. Dès que la masse est devenue bien limpide et soluble dans l'eau, on peut lui incorporer 1 000 kg d'essence de térébenthine, à condition de maintenir l'excès d'alcali à 0.6 %.

L'acide formique de la fermentation alcoolique. — On sait que la fermentation alcoolique donne lieu à une production intense d'acide formique. Comme la levure est apte aussi à décomposer l'acide formique, s'il existe sous forme de formiate de sodium, il en résulte que la proportion d'acide formique trouvée dans la solution, quoique la fermentation se soit prolongée quelque temps, représente une différence entre l'acide formé et celui détruit. Cette formation et cette destruction sont des processus enzymiques, car on les obtient avec le suc de la levure.

L'acide formique, conclut M. *H. Frauen* (*Chemiker-Zeitung*, 1911, p. 1097) est un produit intermédiaire entre le sucre et l'alcool dans le processus de la fermentation alcoolique, ainsi que H. Schade (*Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1900, p. 1 à 46) l'a soutenu: $C^4H^{12}O^4 = 2 CH^3.CHO + 2 H.CO.OH$.

J. GARÇON.

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AGRONOMIE

Reproduction expérimentale des effets du goudronnage des routes sur la végétation avoisinante. — Pour déterminer l'influence du goudronnage des routes sur les arbres bordants, des poussières ont été recueillies sur les voies goudronnées et projetées, au moyen d'un soufflet sur un certain nombre d'espèces végétales.

Toutes les plantes ont été atteintes. L'orme et le noyer ont présenté des brûlures sur leurs feuilles. Les jeunes feuilles de l'érable ont été boursoufflées ou perforées, les vieilles ont été brunies. Les feuilles du groseillier et celles de la symphorine ont bruni, de même celles du rosier et du seringat; chez ces deux derniers arbres, les jeunes rameaux traités ont été rabougris, leur croissance a été entravée.

Sans préjuger de l'action possible des vapeurs émises, soit au moment de l'épandage, soit plus tard, il est donc possible, à la suite de ces expériences, d'affirmer que la poussière d'une route goudronnée peut produire, seule, sur des végétaux ligneux, des dégâts variables suivant les essences.

(Note de M. *C. L. Gatin*, présentée par M. *L. Mangin*, Ac. des Sciences, 9 octobre 1911.)

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

L'emploi des compteurs sur les voitures de tramways. — L'emploi des compteurs amène les conducteurs à surveiller leur travail et il facilite la détermination des défauts pouvant atteindre les équipements.

Les tramways de Croydon ont constaté une économie de 125 000 fr par an, en énergie électrique, et une réduction de 15 % à 40 % de l'usure des paliers d'armature, sabots de freins, etc.: à Birmingham, une même économie a été réalisée en 9 mois.

L'utilité des compteurs n'est d'ailleurs plus mise en doute à présent, et la seule question qui se pose est plutôt de reconnaître le meilleur type. On peut employer des compteurs de temps, des ampère-heure-mètres, des volt-heure-mètres, des watt-heure-mètres: le watt-heure-mètre paraît être le meilleur dispositif; les anciens modèles étaient, il est vrai, fragiles, mais les instruments actuels sont meilleurs, quoique encore plus délicats que les ampère-heure-mètres, par exemple, qui sont presque aussi précis.

(Communication de MM. *W. Clough, Pelcher, Baker, Hannlon, Spencer, Ellis*, etc., Municipal Tramway Conference (Angleterre), octobre 1911.)

Usure ondulatoire des rails. — L'auteur compare les conditions auxquelles sont soumis les rails sous le passage des véhicules à celles du laminage et du martelage et explique ainsi les déformations qui tendent à se produire. Il donne les résultats des essais effectués dans différentes localités.

(Communication de M. W. W. Beaumont, British Association, septembre 1911.)

CHIMIE

Electrolyse des solutions de chlorure de sodium. — L'auteur étudie les effets d'une élévation de température sur le potentiel des électrodes, dans l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium, ayant une anode de platine avec fer et une cathode de magnétite avec fer.

La variation de potentiel de la cathode est insignifiante, mais une variation de température de 20° C à 100° C correspond à une diminution de potentiel de 0,4 volts à 0,8 volts.

Il a construit un diagramme donnant les relations entre le potentiel et les densités de courant et montrant que la réduction du voltage due à l'élévation de la température est toujours inférieure à 0 volt 75.

(Communication de M. H. Pedersen, Chemical Faraday Society, Londres, juin 1911.)

Transformation du carbone en graphite. — D'après Moissan, la transformation du carbone en graphite ne demande qu'une température suffisamment élevée; d'après Berthelot, cette condition ne suffit pas; Acheson prétend que le graphite résulte d'une formation intermédiaire et de la décomposition de carbures, en présence de corps minéraux; en d'autres termes, le graphite se formerait lorsque l'on chauffe du carbone, à une haute température, en présence d'une quantité de matière minérale insuffisante pour transformer tout le carbone en carbure.

L'auteur s'est livré à des expériences à ce sujet; il pulvérisait les matières premières et les enfermait dans de petits creusets de graphite portés ensuite à 3000° C, dans un tube en graphite Acheson, chauffé électriquement; il a expérimenté le coke de pétrole, le charbon, l'antracite, le noir de fumée, le charbon de corne et le diamant. Les résultats obtenus ne sont pas décisifs. Le coke de pétrole donne du graphite, mais le noir de fumée n'en donne pas.

(Communication de M. W. C. Arsem, American Electrochemical Society, septembre 1911.)

Influence du blanchiment sur le poids et la résistance des tissus. — Le blanchiment n'a pas une grande influence sur le poids et la résistance des tissus de coton; dans quelques cas, toutefois, il y a augmentation de la résistance au déchirement du tissu après le blanchiment, ce qui est sans doute dû à l'augmentation de l'épaisseur des fils pendant l'ébullition. La toile de lin blanchie a donné des résultats tout différents. Les recherches quantitatives ont montré qu'après le blanchiment, le poids de cette toile avait diminué et que sa résistance était moins grande.

(Communication de M. S.-H. Higgins, Society of Chemical Industry, Glasgow, 24 octobre 1901.)

Le séchage du malt. — Le travail du malt contenant une trop grande quantité d'eau diminue non seulement la quantité mais occasionne surtout une perte de matière. Le séchage au four n'a pas donné de bons résultats, car ce procédé peut faire subir au malt des transformations chimiques et physiques et, de plus, n'est pas économique. Des appareils spéciaux sont maintenant employés pour ce séchage. L'appareil avec lequel M. G. Fries a fait ses expériences, se compose de deux cylindres tournants et superposés, dont l'un est perforé. Dans ses deux tambours, tournent des faisceaux de tube contre lesquels le malt est précipité. La température de séchage la plus favorable est 95°. La diminution de malt est de 0,15 % pour un excès de 3,5 %, de 1 % pour un excès de 4,5 %, de 1,5 % pour un excès de 5,5 %, de 1,85 % pour un excès de 6,5 %. Pour un excès de 3,5 %, il n'y a donc pas lieu de procéder au séchage. Le travail du malt séché n'offre aucune difficulté, la fermentation se fait normalement.

(Communication de M. G. Fries, 35, Ordentliche Mitgliederwversammlung der Wissenschaftlichen Station für Brauerei, Munich, 26 et 27 octobre 1911.)

ELECTRICITÉ

Phénomènes électromagnétiques qui résultent de la mise en court-circuit brusque d'un alternateur. — Dans les alternateurs ordinaires, ces phénomènes, très faibles, passaient inaperçus. L'emploi

de puissants alternateurs à grande vitesse angulaire, actionnés par des turbines à vapeur, a décelé de grands effets électromagnétiques lors de la mise en court-circuit brusque, phénomènes dus à la petitesse des fuites magnétiques.

L'ensemble de ces phénomènes relevés par des oscillographes est très compliqué; les accidents qui peuvent se produire avec les turbo-alternateurs ont souvent des conséquences désastreuses; le plus souvent, il s'en produit plusieurs, simultanément ou successivement.

Généralement, cela commence par un court-circuit en ligne sur une phase qui produit des détériorations par surtensions dans la phase ouverte ou dans l'inducteur, ou par déformation des connexions latérales des enroulements. Lorsque la tension remonte, les parties détériorées cèdent et provoquent de nouveaux courts-circuits totaux ou partiels qui produisent de nouvelles détériorations.

Une fixation spéciale des enroulements, le renforcement des isolants ont diminué en grande partie ces phénomènes.

(Communication de M. Boucherot, Congrès international des applications électriques de Turin, septembre 1911.)

Moteur polyphasé à montage « en cascade » pour la commande des laminoirs. — Ce dispositif, comme le moteur à collecteur direct, a pour but le réglage économique de la vitesse.

Ce système consiste en une utilisation de l'énergie du moteur principal que l'on dirige sur une seconde machine, à vitesse réglable qui la restitue, soit sous forme d'énergie mécanique, à l'aide du moteur principal, soit au réseau de distribution sous la forme d'énergie électrique :

a) La seconde machine est un moteur à collecteur directement accouplé au moteur principal;

b) La seconde machine est un moteur à collecteur accouplé à un générateur asynchrone qui fait passer au réseau de distribution l'énergie de glissement;

c) La seconde machine est un moteur à courant continu auquel l'énergie de glissement est transmise au moyen d'un convertisseur. Ce moteur convient particulièrement pour les gros débits.

(Communication de M. Sarli, Congrès international des applications électriques de Turin, septembre 1911.)

Moteurs à courant alternatif pour les aciéries. — Les auteurs recommandent l'emploi des moteurs à courant alternatif à induction pour toutes les grandes installations; de l'examen de seize cas d'application, ils concluent que :

1° Les installations à courant alternatif exclusivement coûtent légèrement plus que les installations mixtes;

2° Le prix est plus grand pour les transmissions à 22 000 volts que pour celles à 6 600;

3° Les installations à moteur à combustion interne coûtent plus cher que celles à turbines;

4° Les dépenses d'exploitation annuelles sont moindres dans les installations à courant exclusivement alternatif que dans celles à courant alternatif et courant continu.

Du moment que les appareils auxiliaires représentent 25 % au moins de l'ensemble de l'équipement et que le facteur de puissance est de 70 % au moins, le système à courant exclusivement alternatif doit être préféré.

(Communication de MM. B. R. Shover et E. J. Cheney, Iron and Steel Electrical Engineers Association, septembre 1911.)

Moteur réversible pour raboteuse. — L'auteur fait ressortir qu'il est nécessaire d'employer, pour l'actionnement des raboteuses, des moteurs à très petite vitesse, avec dispositif de contrôle automatique; un freinage dynamique pour l'arrêt de la table empêche qu'il y ait une force contre-électromotrice au moment du renversement du sens de marche.

L'American Bridge Company emploie un moteur à double armature de 50 chevaux, 220 volts pour une raboteuse de 300 cm, l'économie annuelle réalisée est de 3 500 fr comparativement à la commande par courroie.

(Communication de M. G. Richardson, Iron and Steel Electrical Engineers Association, septembre 1911.)

Grues électriques d'aciérie. — Le rendement des grues électriques, actuellement en usage, ne dépasse pas de 65 % à 70 %, et si l'on tient compte des pertes dans les moteurs, canalisations, contrôleurs, etc., le rendement global est à peine de 50 % à 60 %. On devrait adopter pour les moteurs de grue, la définition employée pour les moteurs de tramways,

c'est-à-dire la puissance horaire avec un échauffement maximum de 75° C.

(Communication de M. E. Friedlander, Iron and Steel Electrical Engineers Association, septembre 1911.)

Développements récents de la fabrication des lampes à incandescence. — Après de nombreuses expériences, on a reconnu la supériorité du tungstène pour la fabrication des filaments, à cause de son point de fusion extrêmement élevé; par contre, sa grande fragilité, surtout à froid, retarda beaucoup son emploi. On diminue considérablement cette dernière en supprimant les contacts rigides, et en fixant le filament aux prises de courant, par l'intermédiaire d'un conducteur mobile. Ce n'est qu'en 1911 que l'on réussit à produire le tungstène suffisamment ductile pour permettre son emploi avantageusement. La teneur en carbone a une certaine influence en ce sens qu'elle augmente la contraction au refroidissement, cause de fréquentes ruptures.

Voici les résultats d'expériences faites sur plus de 300 lampes à filaments de molybdène fixes, à 11, 13 ou 15 contacts en cuivre ou en molybdène :

Nombre de contacts	11	13	15
Résistance mécanique comparative mesurée au pendule :			
Contacts de cuivre	91,5	100	96,50
Contacts de molybdène	91,5	100	93,00
Durée comparative à la température maximum :			
Contacts en cuivre	107	100	87
Contacts en molybdène	107	100	103

Les diamètres de tous les supports de cuivre étaient les mêmes; ceux en molybdène valaient 40 % de ceux en cuivre.

Si l'on représente par 100 le rendement des lampes à filament de carbone, au point de vue de l'éclairage, on aura pour les autres filaments les résultats suivants, donnant une idée exacte des progrès accomplis dans ces quatre dernières années :

Lampes à filament de carbone métallisé	149
— de tantale	206
— Osmium	270
— Tungstène	359

(Communication de M. J.-E. Randall, Illuminating engineering Society, Chicago, septembre 1911.)

Stations électriques du Niagara. — Il y a sept stations hydro-électriques groupées autour des chutes du Niagara, dont quatre du côté du Canada.

L'énergie fournie par ces sept stations est répartie de la façon suivante : 128 000 HP pour l'électrochimie, 55 000 HP pour la traction électrique, 36 000 HP pour l'éclairage et 55 000 HP à différents services industriels, ce qui fait au total 275 000 HP, soit à peu près 5,5 % de la puissance totale des chutes.

Dans les 146 000 HP utilisés sur place, l'électrochimie en consomme 87 %.

La note se termine par une énumération des appareils de transformation employés par les différentes compagnies indiquant les caractéristiques de chacun.

(Communication de M. A.-J. Jones, American Electrochemical Society, Meeting de Toronto, 21-23 septembre 1911.)

MÉCANIQUE

Manivelle de sureté pour appareils de levage et moteurs à explosion. — M. Morland a imaginé un dispositif permettant de libérer automatiquement la manivelle de son arbre de commande dans le cas d'un brusque « retour en arrière », comme il s'en produit fréquemment dans les moteurs à explosion et dans les treuils.

Une clavette mobile est enfermée à l'intérieur de la manivelle et constitue l'organe de transmission du mouvement de la manivelle à l'arbre du treuil ou du moteur.

En cas de marche normale, la clavette est engagée dans la rainure de l'arbre qu'elle doit entraîner.

En cas d'un retour en arrière de l'arbre, la manivelle amorce un mouvement de retour. En tournant légèrement, une pointe de la clavette monte sur une rampe qui a été immobilisée immédiatement

par un cliquet et une roue à rochet; la clavette coulisse dans son logement et se dégage de la rainure de l'arbre.

L'angle de rotation de la manivelle en sens contraire du mouvement normal est très petit. Dans un essai officiel, fait sur une automobile de 12 chevaux, le déclenchement de la manivelle avait lieu pour une rotation de l'arbre, en arrière, de 2 mm.

La remise en marche se fait automatiquement par l'intermédiaire d'un ressort.

(Communication de M. Morland, Société des Anciens élèves des Ecoles des Arts et Métiers, Bull. Techn., septembre 1911.)

Service de transport continu. — L'auteur propose de substituer aux méthodes de transports intermittents, des transports continus, en employant de petits véhicules actionnés par une immense vis sans fin. La vis serait à pas moins serré dans les stations qu'entre celles-ci, de sorte que les véhicules se ralentiraient automatiquement pour l'embarquement et le débarquement. D'après les essais qui ont été effectués, on peut réaliser ainsi des accélérations de 1^m.05 par seconde; 80 % de l'énergie absorbée au démarrage sont restitués à l'arrêt. Le rendement est de 90 %.

L'auteur espère pouvoir appliquer son procédé dans de nouveaux tubes, et dans des installations d'ascenseurs.

(Communication de M. W. Y. Lewis, British Association, septembre 1911.)

MÉTALLURGIE

Progrès récents en électrosidérurgie. — Le rendement thermique du nouveau four électrique de Trollhattan est supérieur à celui des hauts fourneaux anglais et à peu près égal à celui des hauts fourneaux à charbon de bois de Suède. La capacité du four est de 1 900 kw; les électrodes peuvent supporter 17 000 ampères. On a pu fabriquer directement de l'acier excellent.

La fabrication des électrodes a été sérieusement améliorée: on fabrique actuellement des électrodes qui se vissent bout à bout et avec lesquelles on évite donc les pertes; de plus, ces électrodes permettent de prendre le contact contre la paroi du four, de sorte que l'on évite une dépense d'énergie de 40 kw qui se produisait auparavant sur les électrodes.

On travaille en faisant circuler les gaz d'une façon continue: ces gaz étaient antérieurement nettoyés au moyen d'un séparateur de poussières, mais on emploie actuellement un scrubber à eau plus efficace.

Huit fours sont actuellement en fonctionnement ou en construction :

Suède : Trollhattan, 1 de 3 000 HP; Domnarfvet, 1 de 4 000; Hagfors, 2 de 3 000. Norvège : Tyssedal, 2 de 3 500; Arendal, 2 de 2 500. Total : 25 000 HP.

Dans les derniers fours, on opère avec des courants triphasés et l'on peut aller jusqu'à 6 000 HP; on obtient un peu plus de 3 t de fonte par cheval-an et avec 1 t de charbon de bois; l'économie est de 2 t de charbon de bois.

Les fours de Norvège diffèrent légèrement de ceux de Suède, parce que l'on y travaille avec du coke: plus conducteur, ce dernier demande une tension légèrement moindre.

(Communication de M. T.-D. Robertson, American Electrochemical Society, septembre 1911.)

Sur la cémentation du fer par le carbone solide. — Le carbone employé pour les essais entrepris était du graphite soigneusement purifié et l'acier utilisé, de l'acier Martin extra doux. Le carbone était préalablement comprimé sous une pression de 3 000 atmosphères, entre deux surfaces métalliques bloquées par un écrou de façon à assurer le contact. De plus, de petites plaques de métal étaient noyées dans le carbone. Il est impossible d'obtenir que le carbone et l'acier ne produisent aucun dégagement gazeux, mais on peut arriver à maintenir la pression entre des limites déterminées, aussi longtemps qu'on veut. Les gaz qui forment l'atmosphère raréfiée ainsi obtenue présentent une composition sensiblement constante : azote, hydrogène et anhydride carbonique.

Les six essais réalisés, dans lesquels on a cherché à multiplier les précautions pour éviter toute erreur, conduisent à conclure que la cémentation du fer par le carbone solide aux environs de 950° est rigoureusement nulle quand on opère en l'absence de gaz susceptibles de réagir sur le carbone et le métal.

(Note de MM. G. Charpy et S. Bonnerot, présentée par M. H. Le Chatelier, Ac. des Sciences, 9 octobre 1911.)

Cémentation des aciers au nickel. — Des expériences faites sur des aciers contenant de 2,03 % à 29,8 % de nickel cémentés avec le mélange éthylène-oxyde de carbone montrent :

1° Que la teneur maximum en carbone dans la zone cémentée diminue avec l'augmentation de la proportion de nickel. Ce phénomène est surtout important à partir de la teneur de 5 % en nickel;

2° Les variations de la teneur en carbone dans la zone de cémentation sont plus régulières dans les aciers au nickel que dans les aciers ordinaires;

3° La transition entre la zone hypereutectique et hypoeutectique correspond, par exemple, pour un acier au nickel à 0,9 % de carbone, à celle d'un acier ordinaire à 0,6 %.

Communication de *F. Carnevali* et *F. Gioletti*, Chemical Society, Londres, septembre 1911.

Sur les aciers au chrome. — Les aciers au chrome à 0,1 % de carbone environ sont martensitiques de 7 % à 22 % de chrome, ce qui indique un intervalle de transformation à basse température au refroidissement.

L'action, sur un acier, d'un élément comme le chrome peut avoir un double effet sur les points de transformation :

1° Déplacer les températures d'équilibre; 2° modifier les vitesses d'équilibre et, par suite, l'hystérésis.

Des expériences entreprises, il apparaît que la présence de martensite, constituant de transition dans les aciers au chrome à basse teneur en carbone, caractérise bien un état hors d'équilibre et qu'on peut faire disparaître complètement ce constituant en refroidissant suffisamment lentement ces aciers.

Après un tel traitement, ces aciers ont une structure et une dureté se rapprochant de celles des aciers ordinaires au carbone recuits, et un nouveau recuit, dans les conditions habituelles qu'en pratique ce terme désigne actuellement, produit sur ces aciers l'effet d'une trempe, en faisant apparaître la martensite et en augmentant considérablement la dureté.

(Note de *M. Portevin*, présentée par *M. H. Le Chatelier*, Ac. des Sciences, 3 juillet 1911.)

Cassure d'un brasage. — L'auteur fit des expériences sur un joint qui se brisa à Craven l'année dernière. L'analyse du métal servant au brasage est la suivante : cuivre, 66,60 %; zinc, 31,30 %; étain, 0,77 %; phosphore, 0,40 %; arsenic, antimoine et fer : traces, oxygène et pertes, 0,63 %.

L'analyse de la portion corrodée donna les résultats suivants : cuivre, 78,40 %; zinc, 13,50 %; étain, 0,78 %; plomb, traces; oxygène et pertes, 7,32 %.

Vu au microscope, cet alliage présente l'aspect de cristaux de cuivre cimentés par un alliage blanchâtre à forme réticulée, dans lequel passaient toutes les fissures et lignes de corrosion.

La production de cette structure réticulée fut attribuée à la présence de plomb, ou mieux d'un alliage de plomb et étain plus fusible que le cuivre.

M. J.-T. Milton ajoute que des expériences personnelles faites sur un brasage rompu à Pradano, le conduisirent à des résultats identiques.

Le professeur *Arnold* prétend que la composition de l'alliage servant au brasage est très importante au point de vue du résultat final, en particulier le cuivre doit être absolument exempt d'arsenic et d'antimoine. Pendant l'opération, il se produit une volatilisation importante de zinc.

(Communication de *M. Henry Louis*, Institute of Metals, septembre 1911.)

MINES

Nouveau moyen de prévention des explosions minières : Le bourrage extérieur en matières incombustibles. — Pour prévenir les explosions dues aux agglomérations de poussières dans l'atmosphère des mines, on a employé jusqu'à présent divers procédés, entre autres l'arrosage, la saturation de l'air de la mine par la vapeur, la schistification ou emploi des poussières incombustibles qui, soulevées éventuellement avec les poussières charbonneuses,

rendraient le mélange incapable de propager la flamme et supprimeraient ainsi le danger de ces dernières.

Le bourrage extérieur de sûreté qui vient d'être expérimenté est formé de poussières incombustibles déposées à l'orifice du fourneau de mine, de manière à masquer complètement celui-ci. Au moment où la mine fait canon, on obtient la formation d'un nuage très dense de poussières incombustibles, dans lequel les gaz chauds sont intimement mêlés à la matière pulvérulente. Cette matière très divisée, pénétrée de toute part par les gaz de l'explosion, absorbe la chaleur de ces gaz et abaisse leur température. Au refroidissement résultant de la détente des gaz, s'ajoute un refroidissement par mélange, c'est-à-dire par contact intime des gaz et des poussières incombustibles. Une autre partie de la chaleur dégagée par l'explosion est absorbée par le travail de projection de la masse poussiéreuse.

Il est essentiel que les poussières composant le bourrage extérieur ne contiennent pas de matières charbonneuses.

Les essais ont été poussés jusqu'à 700 gr de dynamite-gomme n° 1 et 910 gr de l'explosif *Favier* n° 1.

Le bourrage de sûreté ne doit pas être substitué à l'emploi des explosifs de sûreté, mais superposé à celui-ci.

(Communication de *MM. Watteyne* et *E. Lemaire*, Service belge des accidents miniers et du grisou, septembre 1911.)

Ressources minérales de l'Ontario. — La partie orientale possède une assez grande variété de min-raies, mais c'est surtout au nord que sont les dépôts les plus riches en minerais d'or, d'argent et de nickel.

Il y eut deux périodes importantes de production d'argent dans l'Ontario; la deuxième commença en 1904 à la découverte des minerais de cobalt argentifère.

L'industrie du nickel dépend des minerais de cuivre et nickel du district de Sudbury. L'auteur conclut en soulevant deux importants problèmes industriels qui pourront être probablement résolus au moyen des procédés électro-métallurgiques.

Le premier consisterait à retirer l'aluminium du corindon, qui est constitué par de l'alumine presque pure.

Le deuxième serait l'extraction de la potasse des immenses dépôts de feldspath ayant une teneur de 13 à 14 %, permettant ainsi à l'Amérique de cesser d'être tributaire de l'Allemagne, actuellement monopolisatrice de sels de potasse.

Dans la discussion, le Dr *Whitney* fit remarquer qu'un troisième problème serait la mise au point d'un procédé de traitement des minerais complexes d'argent et cobalt.

(Communication de *M. T.-B. Gibson*, directeur du bureau des mines de l'Ontario, American Electrochemical Society, Meeting de Toronto, 21-23 septembre 1911.)

PHYSIQUE

Production économique de puissance motrice par l'emploi de machines à vapeur surchauffée placées sur la chaudière même. — En installant le moteur sur la chaudière même, on arrive à produire la force motrice à des prix pouvant rivaliser avec ceux obtenus par l'emploi des moteurs à combustion interne.

Voici les résultats d'un essai fait par le *Capt. H. Rial Sankey* sur une installation de 50 HP environ construite par Messrs. *R. Garrett and Sons* :

Durée de l'essai	7 heures.
Nombre de tours par minute	201,5
Température moyenne de la vapeur surchauffée	280° C
Puissance indiquée	58,25 HP
Puissance au frein	55,6 HP
Rendement mécanique	95,5 %
Poids d'eau évaporée par kg de houille	8 kg 880
Poids de combustible par HP	0 kg 544
Eau évaporée par HP heure	4 kg 800

(Communication de *W.-J. Marshall*, British Association, section G, Portsmouth, 1911.)

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

ENSEIGNEMENT

Les Universités et l'Enseignement technique.

(Suite) (1).

Nos Universités, placées au centre de régions (2) dont l'industrie se développe de jour en jour, ont compris que l'un des rôles importants de l'enseignement supérieur était de faire concourir les hautes études scientifiques au progrès et au développement des applications pratiques; et certaines d'entre elles ont organisé, à leur Faculté des Sciences, un enseignement technique supérieur, constituant une véritable École d'ingénieurs. De leur côté, les industriels de la région ont encouragé l'Université dans la voie où elle s'est engagée et ont contribué à l'union de la science et de l'industrie (3).

En un mot, nos Universités, en se spécialisant, en s'adaptant aux besoins régionaux, prendraient de plus en plus l'air de leur région — vérifiant ainsi l'observation du regretté Gréard : « C'est le caractère original et fécond « entre tous de notre organisation universitaire, qu'aux enseignements qui sont le fond « commun de l'éducation scientifique, puissent « se joindre, dans leur variété nécessaire, les « enseignements qui mettent en valeur, sur « tous les points, les richesses naturelles en « même temps que le génie de la France... »

Tout récemment, d'ailleurs, à l'inauguration de l'Institut aérotechnique, M. Liard précisait, en ces termes, la réalité de cette orientation professionnelle nouvelle :

« L'édifice que vous inaugurez porte au frontispice les mots suivants :

UNIVERSITÉ DE PARIS
INSTITUT AÉROTECHNIQUE
FONDATION DEUTSCH (DE LA MEURTHE)

« Ces simples mots sont pleins de choses.

« Ils disent d'abord que l'Université de Paris, fidèle à la devise : « Tout idéal, toute réalité » ne se confine pas dans la tour d'ivoire de la spéculation pure, mais qu'elle en sort pour aller vers la vie, partout où la vie a besoin de la science.

« Ils disent aussi qu'il ne lui suffit pas, pour cette œuvre multiple, de couvrir de ses écoles et de ses laboratoires le sommet et les flancs de la montagne Sainte-Geneviève. Elle avait déjà un observatoire à Nice, des laboratoires maritimes sur la Manche, sur l'Océan, sur la Méditerranée, un laboratoire de physiologie végétale dans la forêt de Fontainebleau; la voile propriétaire d'un nouveau domaine, d'un atelier de recherches, avec des engins qu'on n'avait pas encore vus dans un laboratoire universitaire. »

Et M. Steeg, généralisant, de confirmer cette adaptation heureuse de l'Université :

(1) Voir *La Technique Moderne* (novembre 1911), t. III, n° 11, p. 658.

(2) La région, autre question d'actualité. Le géographe M. Vidal de la Blache défend résolument l'initiative régionale : « Le temps n'est plus de chercher dans la centralisation le secret de la force. Il serait d'une haute prévoyance de substituer à un mécanisme tendu et rigide un organisme plus souple empruntant à la vie quelque chose de la force de résistance qu'elle prête à toutes ses créations. » — « Le cadre étroit du département est à briser » écrit, d'autre part, M. Edouard Petit, qui préconise la création d'écoles normales régionales; et plusieurs inspecteurs d'Académie, M. Blangueron, notamment, ont résolulement adapté l'enseignement primaire aux besoins régionaux.

(3) *Livret de l'étudiant*, de l'Université de Nancy.

« Jadis, l'Université vivait repliée sur elle-même; elle ne cherchait pas en dehors d'elle sa raison d'être et ses fins. Certes, elle a compté des maîtres dont les découvertes ont transformé les conditions économiques du monde. Mais ces transformations, conséquences de leurs efforts, n'en étaient pas le but. Augmenter le savoir humain, le transmettre à des disciples choisis, préparer des professeurs capables de le répandre, tel était le programme du haut enseignement.

« Ce programme s'est singulièrement élargi. L'Université ne se contente plus d'enseigner la science. Elle la crée et elle en poursuit les applications pratiques. Il ne lui suffit plus d'instruire des théoriciens et des professeurs; elle forme des ingénieurs et des techniciens pour les industries diverses; elle met son génie spéculatif au service de tous les besoins de la société.

« Jamais cette harmonieuse adaptation de l'Université au milieu social ne s'est manifestée d'une façon aussi frappante que dans cette inauguration d'un établissement fait pour diminuer les angoisses que nous cause le spectacle de l'homme s'aventurant en vainqueur dans le mystère du ciel. »

Hier encore, sous la présidence de M. Croiset, doyen de la Faculté des Lettres de Paris, la Société d'enseignement supérieur demandait la création d'Universités commerciales (4), réalité en Belgique et en Allemagne.

Et depuis quelques années, il est possible de signaler, dans la plupart de nos Universités provinciales, divers Instituts techniques, industriels ou agricoles. C'est, notamment, Lille qui, depuis 1904, a inauguré un cours public sur les questions économiques intéressant la région du Nord; cette Faculté a maintenant un musée houiller, un cours d'électricité industrielle et un enseignement spécial de minéralogie et de géologie; c'est Dijon qui possède un institut régional agronomique et oenologique de la Bourgogne; Bordeaux a également une station viticole; Lyon, une école de chimie industrielle et une école de tannerie. Ce sont des écoles de brasserie et de laiterie, des instituts électrotechnique et chimique à Nancy; deux écoles d'électrotechnique et une école supérieure de papeterie à Grenoble; une station entomologique à Rennes; des cours de chronométrie à Besançon, etc. Nous nous en tenons à ces quelques exemples; tentatives fort intéressantes dont l'un des effets — et non des moins heureux — sera de « décongestionner Paris (5) ».

Tentatives d'ailleurs suivies de succès. Dans les numéros 1 et 2 (octobre et décembre 1910) de la *Revue de l'Enseignement technique*, M. Barbillion, professeur à la Faculté des sciences et directeur de l'Institut électrotechnique de Grenoble, démontre, preuves à l'appui, comment l'Institut de Grenoble constitue une tentative heureuse d'adaptation des ressources d'une Université à la réalisation d'un Enseignement technique supérieur. Et il conclut sa démonstration par cette appréciation — non suspecte — du président de la chambre de commerce de Grenoble : « Cet admirable « mouvement industriel qui a régénéré nos « Alpes françaises, l'Université de notre ville, « non seulement l'a suivi, mais l'a même, en « grande partie, provoqué par la création et « l'extension de son Institut technique. »

(4) Vœu de M. Monis, *Officiel* du 27 décembre 1909.

(5) M. Couyba, *Rapport sur le budget de l'Instruction publique*, 1910.

Entendons-nous bien. Si nos Instituts techniques universitaires ne devaient former que des ingénieurs « au rabais »; si, comme l'écrivait M. Barbillion, répondant aux critiques de son collègue, M. le professeur Bouasse, « si « l'Université avait seulement pour rôle de « munir de diplômes de valeur discutable de « médiocres bacheliers et même des sujets « souvent inférieurs à ce niveau, l'entreprise « serait nettement condamnable. En cette matière, — comme en toute autre, — il faut « éviter la surenchère et n'ouvrir la carrière « industrielle qu'à des cerveaux réellement « aptes à en comprendre tout le sérieux et « toute la grandeur ». Et puis, un élève peut suivre les cours universitaires sans pour cela « courir » après un diplôme — uniquement dans le but de perfectionner son savoir (6).

Aussi, ajoute M. Barbillion, il serait enfantin d'assigner comme seule clientèle aux Instituts universitaires celle de l'Enseignement secondaire.

(A suivre.)

Raoul MORTIER,
Professeur à l'École nationale professionnelle de Vierzon.

EXPOSITIONS ET CONGRÈS

L'Exposition internationale de Turin de 1911.

L'Exposition internationale de Turin, qui vient de fermer ses portes, présentait en mécanique générale, en électrotechnique et en métallurgie, un assez grand nombre d'intéressantes nouveautés.

Afin d'assurer à notre documentation le développement et la précision qui conviennent, nous avons spécialement délégué à Turin l'un de nos collaborateurs, qui a pu ainsi puiser aux meilleures sources les renseignements utiles et résumer ses observations dans une série de notes techniques que nous publierons par la suite à leur rubrique respective.

Dans l'ensemble, l'Exposition de Turin ne révèle, en mécanique générale, aucun progrès essentiel; elle ne nous apporte pas les solutions attendues de nombreux problèmes qui demeurent, à l'heure actuelle, encore imparfaitement résolus; elle ne caractérise, en outre, que peu d'efforts dans l'amélioration des procédés de construction ou d'usinage, du moins depuis l'Exposition de Bruxelles.

Par contre, il faut observer l'extension très caractéristique que prend l'application de certains systèmes de moteurs, et en particulier du moteur Diesel, à huile lourde, dont plusieurs importantes maisons exposaient cette année des modèles de grandes puissances. La question des vitesses, petites ou grandes, auxquelles il est le plus convenable de faire fonctionner ces moteurs, fait actuellement l'objet de certaines controverses entre constructeurs.

De nombreuses maisons exposaient des turbines à vapeur. La construction de ce genre de moteurs ne souffre pas, comme on sait, la

(1) Ce serait, d'après M. A. Tibal : *Les Universités allemandes au xxe siècle*, le système allemand. Les Allemands, dit-il, reconnaissent que la liberté absolue laissée à l'étudiant encourage celui-ci à la paresse, mais elle a, d'autre part, selon eux, d'immenses avantages. Pendant dix ans et plus, l'enfant a été astreint à l'école à une tâche réglée dans ses moindres détails; au sortir de l'école, il faut que le jeune homme apprenne à vouloir travailler; il faut qu'il apprenne à aimer le travail pour lui-même; il faut qu'il sache orienter et limiter son désir de s'instruire; il ne faut pas enfin qu'il apporte dans ses études l'arrière-pensée utilitaire d'un examen final, mais qu'il travaille avec goût et de son plein gré.

médiocrité et, de fait, cette construction est généralement très soignée. Les efforts sont actuellement dirigés vers une utilisation plus parfaite du travail de la vapeur, et par suite vers une économie plus grande.

La construction des machines-outils ne présente aucune particularité bien nouvelle. L'emploi de l'acier rapide est toujours plus répandu pour la confection des outils, et le fraisage continue à se substituer progressivement à la plupart des anciennes opérations, notamment au rabotage, à certains tournages, au filetage des grandes vis, etc.

Le matériel de chemins de fer constituait à l'Exposition de Turin un groupe considérable, dans lequel étaient représentées la plupart des grandes maisons de construction et des grandes compagnies italiennes et étrangères.

Les chemins de fer de l'Etat italien s'étaient particulièrement distingués dans cette partie de l'Exposition, où ils présentaient leurs nouvelles locomotives à grande vitesse, ainsi que de nombreux spécimens de véhicules. Citons pour mémoire l'exposition rétrospective du matériel de 1860, qui offrait surtout, bien entendu, un intérêt de curiosité.

Les chemins de fer de l'Etat italien avaient fait, en outre, une exposition très complète des projets qu'ils ont dressés en vue de l'électrification de nombreuses lignes de montagne, notamment celle de Pontedecimo-Busalla et du Mont-Cenis.

Les maisons allemandes présentaient également un nombre considérable de locomotives et wagons. L'exposition française semblait malheureusement peu importante, à côté de l'ensemble italien-allemand. Elle n'en présentait pas moins un grand intérêt avec les locomotives et les wagons du P.-L.-M., de l'Orléans, de l'Est et de l'Etat.

L'emploi de la surchauffe tend à se généraliser dans la construction des chaudières de locomotives. Il est encore difficile de se prononcer sur l'efficacité réelle et sur le degré d'avantages pratiques que comporte cette adaptation. Il ne faut pas oublier, en effet, que si la consommation de combustible s'en trouve réduite, ce résultat n'est obtenu qu'au prix d'une dépense de construction initiale sensiblement plus considérable et d'un entretien plus important. Nous croyons que la question de la surchauffe dans les locomotives sera encore discutée. En tout cas, elle nous paraît être sans opportunité dans les machines de faible puissance, comme les locomotives à voie étroite.

L'Exposition de Turin marque certainement en mécanique un très grand effort de la part de toutes les nations qui y ont participé. On peut regretter que la France, si magnifiquement représentée dans les arts et les industries de luxe, se soit trouvée, en ce qui concerne les machines, dans une situation un peu inférieure par comparaison avec les expositions italiennes et allemandes. Mais il faut tenir compte de ce qu'un certain nombre de maisons françaises avaient intérêt cette année à participer de préférence aux expositions de Roubaix et de Charleroi.

Il est juste, en terminant, de reconnaître les progrès considérables réalisés par l'industrie italienne, dont le développement dans toutes les branches ne sera pas la moindre cause de la prospérité croissante de notre voisine latine.

G. MONIX.

QUESTIONS ÉCONOMIQUES

L'Électricité dans la région parisienne.

On sait qu'à Paris le régime des secteurs indépendants a pris fin en 1908 pour faire place à une unification théorique. Le monopole de l'éclairage électrique a été accordé à

une seule compagnie : la Compagnie Parisienne de Distribution Électrique (C. P. D. E.). Celle-ci, pendant une période provisoire qui expire le 1^{er} janvier 1913, exploite son réseau conjointement avec les anciennes compagnies des secteurs. En même temps, elle procède aux travaux de réfection nécessaires pour faire face aux exigences d'une consommation rapidement croissante et pour assurer une exploitation plus rationnelle et plus économique. Les tarifs, déjà abaissés en 1908, le seront de nouveau en 1913.

La C. P. D. E. a procédé avec une très grande activité à la refonte complète de l'ancien réseau : les canalisations ont été refaites et étendues; le travail est aujourd'hui à peu près terminé; les sous-stations ont été reconstruites, de nouvelles ont été créées; dans les zones à courant alternatif, des postes de transformation ont été construits. Tous ces travaux ont été conduits sans interruption, pour ainsi dire, du service; la nouvelle organisation se sera substituée à l'ancienne presque sans que le consommateur s'en soit aperçu.

Le courant est actuellement fourni à la C. P. D. E. par les anciennes usines des secteurs et par la puissante usine électrique de Saint-Denis, propriété de la Société d'Électricité de Paris.

Mais en 1913, la Société devra produire elle-même son courant. Deux fortes usines sont en construction, l'une à Saint-Ouen, l'autre à Issy-les-Moulineaux. Les travaux de l'une et de l'autre sont déjà fort avancés; les fondations sont achevées. La première aura une puissance totale de 75 000 kw, la seconde de 25 000. Le courant sera produit par des turboalternateurs de 10 kw; ces machines détiendront probablement le record européen de la puissance.

Le monopole de l'éclairage a été concédé à la C. P. D. E. Mais la loi n'admet pas de monopole pour la distribution de la force motrice. Aussi, parle-t-on de concurrences probables. Des demandes de concessions ont été faites. On parle même d'une puissante Société, qui entrerait prochainement en activité, au capital de 50 millions.

En banlieue, la situation est fort complexe. La plupart des secteurs, expulsés de Paris, cherchent à se rabattre sur la banlieue, autrefois plus mal desservie que la province la plus reculée. Les régions des environs de Paris sont devenues la terre promise des électriciens. Les compagnies existantes prolongent leurs réseaux le plus loin et le plus rapidement possible, tantôt d'accord entre elles, tantôt en concurrence. C'est une lutte de vitesse pour conclure des traités avec les municipalités et les Compagnies du gaz, pour élever des concessions, s'assurer des droits de passage.

Avec les moyens actuels, la portée d'une centrale électrique atteint facilement de 60 km à 70 km; c'est le rayon que cherchent à atteindre les compagnies dont les usines sont aux portes de Paris. Mais si Paris cherche ainsi à conquérir la province, nous voyons à son tour la province tenter un mouvement offensif vers la capitale. Le mouvement est particulièrement curieux dans la région nord. Nous y voyons la Compagnie d'éclairage et de force pousser ses lignes, dont le point de départ est à Saint-Ouen, jusqu'à Persan-Beaumont, Louvres, Pontoise; elle étudie une ligne partant de Persan qui atteindrait Hermes et Creil, desservant l'intéressante région des boutonnières et des tabletiers de l'Oise.

D'autre part, des demandes de concession sont faites par des sociétés dont le centre serait en province et qui pousseraient leurs câbles jusque sous les murs de Paris. L'une d'elles projette d'installer une usine centrale à Creil, pour desservir la région comprise

entre Beauvais, Méru, Clermont, Senlis. Une autre voudrait créer à Laon une grande centrale dont le rayon d'action atteindrait Paris.

Les projets posent un problème technique des plus intéressants. Vaut-il mieux, pour alimenter d'électricité la région parisienne, installer les grandes usines génératrices de courant à proximité des agglomérations à desservir ou, au contraire, les rapprocher de la mine, afin de réduire les frais du transport de charbon et recourir aux facilités que donne le courant à haute tension pour transporter au loin l'énergie?

Quoi qu'il en soit, la banlieue de Paris sera bientôt abondamment pourvue en lumière et force motrice électrique. Ce sera pour elle un précieux élément de prospérité.

Gisements de « sheelite ».

Un événement intéressant est la découverte d'importants gisements de « sheelite » (tungstate de chaux) au comté d'Halifax, dans la Nouvelle-Ecosse.

La sheelite ne sert que pour l'extraction du tungstène, dont la consommation industrielle va croissant depuis son emploi en sidérurgie.

La production mondiale de ce dernier était d'environ 4 000 t provenant presque exclusivement de Suède.

Les gisements découverts alimenteront non seulement les aciéries de la région, mais auront une répercussion sur le marché mondial.

Le minerai contient environ 60 % d'acide tungstique.

STATISTIQUES

Statistique minière de l'Indo-Chine en 1910.

La production des mines de charbon de l'Indo-Chine française, qui croît régulièrement depuis 1904, a augmenté, en 1910, plus rapidement encore que les années précédentes. Elle est passée de 363 000 t en 1909 à 479 596 t en 1910, soit une augmentation de 116 596 t.

Le chiffre des exportations est aussi en augmentation sur les années précédentes. Le tonnage exporté en 1910, a été de 253 241 t contre 204 716 t, soit une augmentation de 48 525 t.

La production des mines de zinc va toujours croissant. Elle était nulle en 1905, et a atteint 22 751 t en 1910.

Il y a lieu de penser qu'elle croîtra encore dans les années qui vont suivre. De nouvelles mines commencent leurs installations, et les deux plus anciennes (Trang-Da et Lang-Hitt) sont en pleine période de production.

La production des mines d'étain et de tungstène a subi, en 1910, une légère baisse: de 256 t en 1909, elle est descendue à 225 t, 605, en 1910. Mais il y a lieu de penser que la production, en 1911, sera bien supérieure à celle des années précédentes.

Les mines de cuivre des régions de Van-Yên, Yèn-Bay et Lang-Son sont toujours en période de préparation.

Van-Yên a produit, en 1910, 1 000 t de minerai (en stock à la mine).

A signaler également l'exportation de 1 116 kg d'uranite provenant de la région de Cao-Bang.

La seule mine d'or en exploitation, en Indo-Chine, est la mine de Bong-Mieu (Tam-Ky, Annam). Elle produit, en 1910, 113 kg 589 contre 88 kg en 1909, soit une augmentation de 25 kg 589.

Les recherches de mines ont été très actives au cours de l'année 1910. Elles ont porté principalement sur les minerais de zinc, de cuivre et de plomb. Les régions qui ont été les plus parcourues sont : Thai-Nguyen, Lang-Son et Tuyên-Quang au Tonkin, et Thanh-Hoa en Annam.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES DES OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS

Analyse (Traité d') des substances minérales, par Ad. CARNOT, membre de l'Institut, inspecteur général des mines en retraite. Tome III. — *Métaux* (1^{re} partie). 1 vol. in-8° de 900 pages, avec figures. Broché, 27 fr 50; cartonné, 29 fr. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1910.)

Le premier volume de cet ouvrage a exposé les principes généraux des méthodes analytiques qualitatives et quantitatives applicables aux substances minérales.

Le second volume a décrit les procédés de séparation des métalloïdes et leur détermination pondérale ou volumétrique.

Le présent volume est consacré à l'étude analytique complète des métaux alcalins et alcalino-terreux, des terres rares et des métaux appartenant à la famille du fer.

Ce troisième volume sera consulté avec intérêt par tous les chimistes analystes des laboratoires scientifiques ou de l'industrie, auxquels le traité du savant professeur Carnot a déjà rendu de nombreux services. — P. N.

Analyse chimique des Chaux et Ciments, par J. MALETTE, conducteur principal des ponts et chaussées, chimiste à l'Ecole nationale des ponts et chaussées. — 1 vol. in-8° de viii-66 pages, avec figures. 3 fr 50. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1911.)

On trouvera, pour chaque dosage, le principe, le mode opératoire s'il y a lieu, le calcul qu'il faut appliquer. La liste des réactifs et des solutions, la nomenclature du matériel nécessaire, un tableau synoptique résumant la marche de l'analyse, enfin les documents administratifs et les règlements pour les fournitures de chaux et de ciment à faire aux services des ponts et chaussées. — L. E.

Calcul numérique. Opérations arithmétiques et algébriques, Intégration, par R. DE MONTESUS et H. D'ADHEMAR, docteurs ès sciences mathématiques. — 1 vol. gr. in-18 Jésus, cartonné toile, de 250 pages, avec figures dans le texte, 5 fr. (O. Doin et fils, éditeurs. Paris, 1911.)

La première partie de cet ouvrage traite des opérations arithmétiques et du calcul pratique des racines des équations algébriques ou transcendantes.

La seconde partie est consacrée aux *Intégrales et Equations différentielles, aux Dérivées partielles*, avec applications numériques, et des applications de la méthode des *approximations successives aux fonctions implicites et aux équations*. — G. R.

Chemins de fer et voies navigables. Art. XVIII du Questionnaire de la 8^e Session du Congrès international de Berne (juillet 1910), par C. COLSON, inspecteur général des ponts et chaussées, conseiller d'Etat, et L. MARLIO, ingénieur des ponts et chaussées. — 1 vol. in-4° de 108 pages, avec tableaux, 4 fr 50. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1911.)

L'intérêt de ce travail est de montrer, par une étude directe des faits, quels sont en pratique les résultats de la concurrence ou de la collaboration des deux modes de transport, et quels sont les éléments qui influent sur la répartition du trafic entre eux.

C'est en s'inspirant des réponses obtenues dans l'enquête du Congrès de Berne que les auteurs présentent un exposé de la question et exposent les différents éléments qui influent

sur la répartition des transports entre les deux sortes de voies.

Ils étudient ensuite comparativement les prix de revient, par les deux voies, des transports effectués dans des conditions analogues. — J. N.

Chimie physique des métaux. Exposé des principes scientifiques de la métallurgie, par Rudolph SCHENCK, professeur de chimie physique à l'Ecole polytechnique de Breslau, traduit de l'allemand et complété par H. LALLEMENT, ingénieur civil des mines. — 1 vol. in-8° de xx-232 pages avec 116 figures. Broché, 12 fr; cartonné, 13 fr 50. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1911.)

Cet ouvrage montrera aux industriels le parti que l'on peut tirer des lois des équilibres chimiques pour les opérations métallurgiques.

Les problèmes nouveaux sont traités avec soin : comparaison des aciers à coupe rapide avec modifications instables stabilisées, le dosage quantitatif du carbone amorphe à côté du graphite, la théorie du grillage sulfatant, l'étude des conditions de solidification du mélange oxyde de plomb-sulfate de plomb, etc. — P. B.

Denrées alimentaires (Préparation, fabrication et conservation des), par G. PELLERIN, pharmacien-major de l'armée. — 1 vol. in-8° de viii-524 pages, avec 159 figures. Broché, 16 fr; cartonné, 17 fr 50. (H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris, 1911.)

L'auteur a tracé, dans leurs grandes lignes, les industries de la fabrication et de la conservation des denrées alimentaires.

Cet ouvrage donne les notions succinctes, mais suffisantes, d'une technologie simplifiée permettant de connaître l'origine, les modes de fabrication et les sortes commerciales des denrées à analyser, et des éléments de comparaison entre les divers procédés mis en œuvre pour arriver au même but, ainsi que des données scientifiques utiles aux industriels.

Cet ouvrage sera fort apprécié dans les nombreuses industries de l'alimentation. — P. K.

Gommes (Les plantes à) et à résines, par H. JACOB DE CORMEY, docteur ès sciences, docteur en médecine, chargé de cours à l'Université d'Aix-Marseille. — 1 vol. in-18 Jésus, cartonné toile, de 425 pages, avec 15 figures, 5 fr. (O. Doin et fils, éditeurs. Paris, 1911.)

L'ouvrage se divise en trois parties comprenant les *plantes à gommes, les plantes à résines et les plantes à gommes-résines*. L'étude des *plantes à gommes* vraies comprend des chapitres spéciaux consacrés : aux gommières d'Afrique; à la production des gommes africaines (Sénégal, Soudan, Ethiopie); aux plantes gommifères (Inde, Australie, Amérique); aux plantes à gommes mixtes (astragales et gomme adragante, espèces à gommes de Bassorah, Sterculiacées gommifères, gommes tannifères ou Kinos).

Les *plantes à résines* occupent ensuite une large place : Conifères à térébenthines de l'Europe et du nord de l'Afrique, d'Amérique, d'Asie; Conifères à sandaraque; plantes à copals, à damars, à élémis et à mastie, à sang-dragon; aloès et benjoints, etc.

Dans la troisième partie, l'auteur étudie les végétaux à *gommes-résines* : arbres à laques de l'Extrême Orient; plantes à gomme-gutte et produits guttoïdes, etc. — T.

Induction et courants alternatifs, par Eug. VIGNERON, ingénieur. — 1 vol. in-8° de 147 pages, broché, 2 fr 50. (Geisler, éditeur. Paris, 1910.)

L'auteur expose avec méthode les lois de l'induction, la théorie des phénomènes, l'induction dans les milieux conducteurs, les courants de Foucault, les courants alternatifs (étude graphique, étude sur le triphasé, etc.). Cette partie délicate de l'électrotechnique est présentée avec beaucoup de clarté et les débutants pourront l'étudier avec profit. — J. M.

La Navigation sous-marine, par Charles RADIGUER, ingénieur du Génie maritime. — 1 vol. gr. in-18 Jésus, cartonné toile, de 360 pages, avec 102 figures dans le texte, 5 fr. (O. Doin et fils, éditeurs. Paris, 1911.)

Cet ouvrage traite des diverses questions soulevées par la navigation sous-marine : formes et solidité, propulsion, plongée, sécurité, conditions d'existence de l'équipage, armement, etc...

Le sous-marin étant décrit, l'auteur aborde l'étude des relations qui lient ses divers éléments caractéristiques, à l'exposé du but et de l'avenir du sous-marin militaire. — J. D.

Régulation des groupes électrogènes, par L. BARBILLION, directeur de l'Institut électrotechnique de Grenoble. — 2 vol. in-8° de 165 pages et 123 pages, brochés, 2 fr 50 chaque. (Geisler, éditeur. Paris, 1911.)

La régulation des groupes électrogènes constitue l'une des questions d'électricité industrielles des plus importantes et tout à fait à l'ordre du jour. Peu d'électriciens étaient capables de la traiter avec autant de clarté, de précision et de documentation que le professeur Barbillion, dont l'autorité en électricité pratique est reconnue de tous les industriels. L'auteur a envisagé le problème dans toute sa généralité et cette monographie est certainement l'une des plus complètes qui existent actuellement sur la question. — H. V.

Les roches et leurs éléments minéralogiques, par E. JANNETAZ, maître de conférences à la Sorbonne. — 4^e édition, 1 vol. in-8° de 704 pages, avec 2 cartes géologiques et 20 planches chromolithographiques, 8 planches en similitude et 322 figures, 8 fr. (Hermann et fils, éditeurs. Paris, 1910.)

L'excellent ouvrage de M. Jannetaz qui renferme la description, les analyses microscopiques, l'étude des structures et des gisements des roches et de leurs éléments minéralogiques, vient d'être remis à jour et augmenté.

Ce traité comprend trois livres : dans le premier sont étudiées les propriétés générales des minéraux et des roches; le second est consacré à la monographie de tous les minéraux; le troisième et dernier traite des généralités sur les roches et de leur description.

L'ouvrage renferme en outre de nombreux tableaux synoptiques, des cartes et des planches qui apportent beaucoup de clarté dans l'exposé, et un index alphabétique renfermant les sujets minéraux, roches, étudiés dans le volume, ce qui simplifie considérablement la recherche en permettant au lecteur de trouver rapidement la question qui l'intéresse. — V. W.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette

La Technique Moderne

TOME III (ANNÉE 1911)

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES*

A		Pages.		Pages.	
Abaques pour le calcul des constructions en béton armé par la méthode de la circulaire ministérielle du 20 octobre 1906, A. CANNIC [n° 2]	78	Aciers de différentes teneurs en carbone (Influence de 0,2 % de vanadium sur les), H. L. [n° 9]	517	Aéropylanes (Appareil de mesure des tensions des haubans des) et méthode nouvelle d'étude de l'action de l'aile sur les ailes des aéroplanes, F. LAH-GIER [n° 5]	272
Abattoir modèle (Un): La tuerie de pores d'Aubervilliers (Seine), M. RIGOTARD [n° 6]	353	Acier doux (Influence du manganèse sur les propriétés de l') [n° 4]	249	Aéroplane (Calcul de la hauteur atteinte par un), L. POTIN [n° 2]	96
Abrasifs (L'usure des aciers aux), P. GARTNER [n° 3]	178	Aciers électriques (Frais de production des) avec les fours à induction [n° 10]	590	Aéroplane (Chute d') et causes probables [n° 3]	188
Accidents au blanchiment [n° 5]	315	Acier électrique (Propriétés caractéristiques de l') [n° 4]	248	Aéropylanes (De la construction et de la conduite des), Capitaine E. TARRON [n° 6]	334
Accidents dus à l'électricité dans les mines anglaises [n° 6]	384	Acier (Fabrication de l'), LÉON GUILLET. Conférence [Supplément au n° 3], v.		— — [n° 7]	396
Accidents dus à l'exploitation électrique des mines en Prusse, L. V. B. [n° 4]	240	Acier (L') fabriqué au four électrique aussi économiquement que l'acier Bessemer [n° 11]	656	Aéropylanes et dirigeables (Communication radiotélégraphique et radiotéléphonique avec les) [n° 9]	526
Accidents du gazomètre de 200 000 m ³ de Hambourg [n° 8]	478	Acier (Le four à induction dans l'industrie du fer et de l') [n° 7]	432	Aéroplane (Sur des expériences de télégraphie sans fil en) [n° 4]	254
Accidents dans les mines (Incendies et) [n° 7]	428	Aciers (Sur les gaz contenus dans les) [n° 6]	384	Aéropylanes (Recherches sur la stabilité des), Victor QUITTNER [n° 2]	90
Accouplement élastique (Nouvel), L. D. [n° 4]	237	Acier (Influence de la composition et du traitement thermique sur l') [n° 4]	256	Aéropylanes (La stabilisation automatique longitudinale des), Ad. DOUTRE [n° 10]	550
Accumulateurs de chaleur, L. DESCROIX [n° 1]	47	Acier (L') au manganèse, L. D. [n° 7]	421	Aéropylanes (Sur la stabilisation des) au moyen de gyroscopes [n° 1]	252
Accumulateurs (Dispositif de charge pour batteries d'), E. SOUPEY [n° 1]	57	Aciers au nickel (Cémentation des) [n° 12]	721	Aéropylanes (Les) au Salon de 1911, L. MARCHIS [n° 12]	661
Acétylène (Précaution à prendre dans l'emploi de l') [n° 12]	717	Acier (Production de l') en France en 1910 [n° 7]	434	Aéroplane (La technique de l') [n° 1]	59
Acides (Alliages pour) [n° 11]	652	Acier (Propriétés de l') au nickel à 3 % sous différents traitements chimiques, H. L. [n° 8]	472	Aéroplane (Utilisation de l') pour le réglage des tirs d'artillerie de campagne, A. G. [n° 12]	697
Acide carbonique (Dissolution de l') dans la bière [n° 9]	524	Aciers (Recherches sur la dureté des): parallèle entre la dureté et la résilience, Capitaine GRARD [n° 6]	373	Aérostats dirigeables contemporains (Les) Commandant Paul RENARD [n° 2]	88
Acide carbonique (Résultats d'essais faits en gâchant le ciment avec des liquides susceptibles de produire de l') [n° 4]	253	— — [n° 7]	420	Aérostation (Recherches expérimentales sur la résistance des cordages usités en), Capitaine DO (n° 1)	24
Acide citrique (L') et ses applications [n° 9]	524	— — [n° 8]	470	— — [n° 4]	225
Acide formique (La conservation des couleurs au moyen de l') [n° 3]	189	Acier (La soudure des soufflures et des cavités dans les lingots d') [n° 6]	377	Affinage électrique de l'acier, L. D. [n° 5]	306
Acide formique (L') de la fermentation alcoolique [n° 12]	718	Aciers (Soufflures des lingots d') [n° 3]	191	Affinage (Le four électrique d') Hiorth [n° 6]	383
Acide lactique (Action des rayons ultra-violet sur l') [n° 8]	479	Acier au titane (Rails en) [n° 11]	651	Affinité chimique (Adsorption par) [n° 1]	59
Acide sulfureux liquide (L'emploi de) [n° 8]	478	Aciers (L'usure des) aux abrasifs, P. GARTNER [n° 3]	178	Agencement des canalisations dans les usines [n° 1]	56
Acide sulfurique (Fabrication de l'): L'eau pulvérisée dans les chambres de plomb, Ch. GAZEL [n° 5]	294	Acieries américaines (Les premiers grands moteurs à gaz des) [n° 1]	56	Agrandissement (L') du port du Havre, L. D. F. [n° 9]	518
Aciers à aimants (Les constituants des) [n° 12]	716	Acieries (L'emploi le plus convenable du gaz de hauts fourneaux et de fours à coke dans les) [n° 10]	583	Agriculture (De l'utilisation de l'électricité en) [n° 3]	183
Aciers (Action des huiles sur les fers et), J. GARCON [n° 8]	477	Acieries (Installations électriques des) de l'Eicher-Huttenverein, Le Gallais, Metz, M. [n° 9]	513	Ailes ou voilures d'aéroplanes, L. MARCHIS [n° 12]	662
Acier (Affinage électrique de l'), L. D. [n° 5]	306	Acieries (Moteurs à courant alternatif pour les) [n° 12]	719	Aimants (Les appareils de levage à) en métallurgie, P. BREUIL [n° 2]	115
Acier spécial de cémentation (Etude d'un), P. BREUIL [n° 9]	494	Adsorption par affinité chimique [n° 1]	59	Aimants (Les constituants de l'acier à), P. BREUIL [n° 12]	716
— — [n° 10]	555	Aériens dirigeables en télégraphie sans fil, Lieutenant de vaisseau TISSOT. Conférence [Supplément au n° 1]		Aimants permanents, A. V. [n° 4]	234
Acier (Changements d'état de l'), M. A. [n° 9]	492	Aéropylanes (voir aussi: Aviation)		Air comprimé (Applications de l') à la perforation des grands souterrains, H. VILLETARD [n° 11]	622
Acier (L') dans les chemins de fer [n° 1]	37	Aéroplane (Appareil permettant la détermination directe du taux de sustentation d'un modèle d'): application à des oiseaux naturalisés, Capitaine A. LAFAY [n° 12]	665		
Aciers au chrome [n° 12]	721	Aéroplane (Sur la bonne tenue de l') en air agité [n° 6]	380		
Aciers (La constitution de la troostite et le revenu des) [n° 2]	116				
Aciers (Corrosion des fers et) [n° 11]	657				

* NOTA. — Les titres en plus petits caractères désignent les articles de Chronique, de Documentation et d'Informations.

	Pages.		Pages.		Pages.
Air (Dessiccation de l') des hauts fourneaux par le chlorure de calcium [n° 6]	377	Antimoine (Les progrès de la métallurgie de l') en France [n° 6]	388	Automobiles (Notes sur le XII ^e Salon international de l'). [Paris, décembre 1910], G. LUMET [n° 1]	34
Air (Enrichissement de l') en oxygène dans les combustions industrielles [n° 12]	713	Aphégraphie (L'), son emploi et ses applications [n° 9]	527	Automotrices benzo-électriques dans l'exploitation du chemin de fer des mines de Carvin (Les), A. G. [n° 11]	613
Air grisouteux (Autocapteur d'), P. [n° 5]	308	Appareil à couper les tubes, système Gallon, H. GALLON [n° 1]	46	Automotrices à courant monophasé à 6000 volts des chemins de fer du sud de la France, F. D. [n° 11]	629
Air (Nouvelle méthode d'action de l') sur les ailes des aéroplanes, F. LARGIER [n° 5]	272	Appareil permettant la détermination directe du taux de sustentation d'un modèle d'aéroplane : Application à des oiseaux naturalisés, Capitaine A. LAFAY [n° 12]	665	Aviation (Les bases scientifiques de l'), L. MARCHIS [n° 3]	129
Alimentation (L') automatique [n° 7]	425	Appareils électriques (Dispositifs de protection pour les) [n° 5]	317	— — [n° 4]	201
Alimenteurs automatiques pour chaudières [n° 11]	647	Appareils de levage à aimants en métallurgie [n° 2]	115	Aviation (Concours d'appareils militaires d') [n° 2]	127
Alizarine (Mordantage des colorants de cuve sur l'indigo et les couleurs de l') [n° 3]	188	Appareil de levage (Équipement électrique à vitesse réglable pour), système Bergmann, M. [n° 1]	41	Aviation (Considérations sur les moteurs d'), L. LETOMBE [n° 6]	334
Alizarine (Rose d') sur tissus non préparés, J. [n° 9]	518	Appareils de levages électriques, L. V. B. [n° 8]	475	— — [n° 7]	400
Allemagne (Les usines électriques en) en 1910 [n° 6]	387	Appareils (Les) de levage et de manutention, E. PACORET [Bibliothèque de La Technique Moderne, fascicule IV]		Aviation (Expériences faites au moyen de l'installation de mesures aérodynamiques de l'établissement d') de Vincennes [n° 6]	380
Alliages pour acides [n° 11]	652	Appareils de levage (Manivelle de sûreté pour) et moteurs à explosion [n° 12]	720	Azotures d'aluminium (Les) [n° 9]	523
Alliages en aluminium (Repères pour la fabrication d') [n° 11]	650	Appareil pour la mesure graphique et rapide du coefficient de glissement des moteurs d'induction, système Andrault, L. V. B. [n° 8]	465		
Alliages aluminium-magnésium (Propriétés électriques des) [n° 3]	189	Appareil de mesure des tensions des haubans des aéroplanes et méthode nouvelle d'étude de l'action de l'air sur les ailes des aéroplanes, F. LARGIER [n° 5]	272		
Alliages d'aluminium et zinc [n° 11]	657	Appareil de réception du signal hertzien [n° 2]	120		
Alliages blancs antifriction (Essais sur les) pour coussinets, P. BREUIL [n° 3]	185	Apprentissage (Le congrès de l') de Roubaix de 1911, P. JANNETTAZ [n° 8]	482		
Alliages de bronze et de laiton pour pièces mécaniques [n° 2]	112	Apprentissage industriel (De la nécessité de l') dans l'organisation des usines [n° 5]	321		
Alliages de cuivre (Gaz occlus dans les) [n° 1]	60	Apprêt (Nouvel) pour tissus : la norgine, J. GARGON [n° 5]	315		
Alliages de fer (Propriétés magnétiques des) [n° 11]	650	Argent (Coloration de l') [n° 12]	708		
Alliages pour pressions élevées, P. BREUIL [n° 2]	116	Argent (Progrès de la métallurgie de l') [n° 2]	122		
Alliages (Le retrait des) pendant et après la solidification [n° 4]	240	Argent (Les progrès de la métallurgie de l') en France [n° 6]	382		
Alliages de vanadium (Les) [n° 9]	522	Argentine (L'industrie frigorifique en République) [n° 6]	387		
Altérations des bois de construction, J. GARGON [n° 2]	117	Argiles (Dosage de la silice dans les) et les briques réfractaires [n° 5]	316		
Altération du verre à l'air [n° 4]	250	Argon (Sur la préparation de l') [n° 2]	119		
Alternateurs (Compounding des) au moyen des soupapes électrolytiques [n° 4]	253	Armatures (Décisions du Comité central des) de France [n° 3]	194		
Alternateurs (Influence de la forme de la courbe de tension à vide des), G. CAPART [n° 11]	610	Armes à feu (Résultats de la réorganisation d'une manufacture canadienne d'), L. D. [n° 7]	423		
Alternateur (Phénomènes électromagnétiques qui résultent de la mise en court-circuit brusque d'un) [n° 12]	666	Arrêt des machines marines [n° 2]	121		
Aluminium (Alliages d') [n° 2]	116	Arséniate de plomb (L') en viticulture [n° 2]	119		
Aluminium (Alliages d') et zinc [n° 11]	657	Artillerie de campagne (Utilisation de l'aéroplane pour le réglage des tirs d'), A. G. [n° 12]	697		
Aluminium (Altérabilité de l') [n° 4]	256	Ascenseurs électriques (Contrôle des) [n° 11]	653		
Aluminium (A propos des bronzes d') à haute teneur [n° 7]	427	Ascenseur hydraulique pour bateaux, F. DUBAR [n° 12]	701		
Aluminium (Les azotures d') [n° 9]	523	Association française pour la destruction du varron des cuirs [n° 3]	195		
Aluminium (Désincrustation des chaudières au moyen de l') [n° 10]	584	Ateliers (Les chantiers et) de Saint-Nazaire (Penhoët), P. B. [n° 6]	364		
Aluminium (Formation de la pellicule anodique sur l') [n° 10]	590	Atmosphère confinée (Sur une méthode de mesure du degré de viciation d'une) [n° 10]	588		
Aluminium-magnésium (Propriétés électriques des alliages d') [n° 3]	189	Atmosphère (Présence de l'oxyde de carbone dans l') des mines de houille [n° 2]	122		
Aluminium (Repères pour la fabrication d'alliages en) [n° 11]	650	Atoxyl (Distinction de l') [n° 7]	429		
Alundum (L') employé comme matière réfractaire [n° 10]	592	Attaque des tissus teints en colorants au soufre au magasinage [n° 9]	518		
Amidon (Purification de l') [n° 2]	119	Atteilage automatique des wagons, système W. S. Laycock, J. NETTER [n° 1]	39		
Ammoniac (Action de l'effluve sur le gaz) sec et humide [n° 10]	588	Attelages (Renforcement des) des véhicules de chemins de fer, A. STOUVENOT [n° 3]	169		
Ammoniaque (Récupération de l') des gaz de houille et purification de ceux-ci par le procédé de Burkheiser, C. [n° 5]	296	Augmentation (L') de volume des fontes, P. BREUIL [n° 8]	476		
Amorçage des dynamites, L. OTTENDAH [n° 11]	40	Autocapteur d'air grisouteux, P. [n° 5]	308		
Amortissement du bruit et des trépidations des machines électriques, L. V. B. [n° 8]	474	Automobiles (Calcul des pistons pour moteur d'), C. LONGUE [n° 3]	167		
Amortissement (Essai des métaux par l'étude de l') des mouvements vibratoires [n° 2]	122	Automobiles (Moteurs d'), L. LETOMBE. Conférence [Supplément au n° 2]			
Ampèremétriques (Relais) temporisés, A. R. GARNIER [n° 11]	649	Automobile (La puissance des moteurs d'), C. LONGUE [n° 2]	95		
Analyse (Méthode d') des corps gras [n° 2]	119				
Analyse des gaz sortant des cheminées d'usine [n° 9]	524				
Analyse industrielle des gaz (Sur l'), G. B. [n° 3]	158				
Anastigmats (La découverte des) [n° 2]	124				
Anthracène [n° 6]	358, 359				
Antifriction (Nouvel), A. V. [n° 4]	360				
Antifriction (Essais sur les alliages blancs) pour coussinets [n° 3]	240				
Antimoine (Action de l'eau de Seltz sur l') [n° 11]	185				
Antimoine (Piles à) [n° 1]	654				
	59				

	Pages.		Pages.		Pages.
Bille de Brinell (Méthode de la), Capitaine GRARD [n° 6]	373	Canal de Panama (Les travaux du) [n° 5]	321	Champ magnétique alternatif (Perception visuelle d'un) [n° 10]	590
Billes (Les paliers à) dans la construction des machines-outils [n° 2]	112	Canalisations électriques (De l'agencement des) dans les usines [n° 1]	56	Champs magnétiques (Sur la mesure des) en valeur absolue [n° 10]	590
Billets de voyageurs [n° 1]	38	Canalisations du gaz à longue distance [n° 2]	118	Chantiers (Les) et ateliers de Saint-Nazaire (Penhoët), P. B. [n° 6]	364
Biographie du capitaine Tarron, Commandant RENAUD [n° 5]	293	Canalisations électriques (Arrêté relatif aux) [n° 6]	385	Chanvre (Densités des fils de), J. DANTZER [n° 4]	222
Blanchiment (Accidents au) [n° 5]	315	Canalisations souterraines (Essais des) après pose [n° 2]	120	Chanvre (Résistance des cordages en), Capitaine Do [n° 1]	24
Blanchiment à l'air en cuve [n° 11]	651	Caoutchouc artificiel [n° 1]	58	— — [n° 4]	225
Blanchiment (Influence du) sur le poids et la résistance des tissus [n° 12]	719	Caoutchouc (Coalescence et régénération du) [n° 3]	186	Charbon (Sur la combustion spontanée du), J. GARÇON [n° 5]	314
Blanchiment des tissus [n° 8]	479	Caoutchouc (Colle de) [n° 7]	429	Charbons (Le commerce des) en France et en Allemagne en 1910 [n° 5]	322
Blanchiment des tissus de coton, J. [n° 7]	423	Caoutchouc (Le) à la Côte-d'Ivoire [n° 5]	322	Charbon (Constituants volatils du) [n° 5]	314
Bloc-système (Perfectionnements aux appareils du), J. NETTER [n° 10]	566	Caoutchouc (Emploi du froid dans l'industrie du) [n° 2]	109	Charbon (Le pétrole et le) dans la propulsion des navires [n° 7]	434
Bobines (L'emploi des) de self pour protéger les installations à turbo-générateur [n° 10]	588	Caoutchouc naturel (Source nouvelle de) [n° 3]	189	Charbon pulvérisé (Le chauffage des chaudières au), L. D. [n° 11]	640
Bois de construction (Les altérations des) [n° 2]	117	Caoutchouc de synthèse (Le), E. G. [n° 11]	632	Charbons (Transport des) [n° 3]	192
Bois (Statistique des) de France, P. B. [n° 1]	63	Caoutchouc vulcanisé (Sur l'extensibilité du) [n° 4]	255	Charbonnages (L'électricité dans les) [n° 9]	528
Boue sèche (Distillation de la) des eaux dégout en vue de la fabrication du gaz d'éclairage [n° 8]	479	Cap de Bonne-Espérance (La base navale du), P. L. [n° 8]	467	Charge (Dispositif de) pour batterie d'accumulateurs [n° 1]	57
Bougies filtrantes (Porosité des) [n° 2]	123	Carat (Modification du poids du) [n° 3]	194	Charges (Le problème de l'égalisation des) et sa solution électro-mécanique [n° 11]	648
Bougies filtrantes (Résistance opposée au passage des microbes par les) à revêtement de collodion [n° 5]	319	Carbone (Transformation du) en graphite [n° 12]	316	Châtaignier (Préparation de l'extract tannique de), L. MEUNIER [n° 11]	626
Bourrage extérieur (Le) en matières incombustibles pour prévenir les explosions minières [n° 12]	721	Carbone (Action de la vapeur d'eau sur le) en présence de la chaux [n° 5]	720	Chaudières (Les alimenteurs automatiques pour), J. IZART [n° 11]	647
Brai [n° 6]	358, 359,	Carbone solide (Cimentation du fer par le) [n° 12]	335	Chaudières (Le chauffage des) au charbon pulvérisé, L. D. [n° 11]	640
Brasage (Cassure d'un) [n° 12]	721	Carburant des moteurs d'aviation, L. LETOMBE [n° 6]	44	Chaudières (Corrosion des) [n° 3]	189
Brasserie (Le rôle de l'eau en) [n° 3]	188	Carderie de coton, L. BARGERON [n° 1]	12	Chaudières (à foyer intérieur) (L'amélioration du rendement des) [n° 6]	375
Brevets d'invention (L'examen préalable des), G. LAINEL [n° 2]	125	Carrières (Note sur l'exploitation des) de diorite de La Meilleraie, près Pouzauges (Vendée), Paul LÉVY-SALVADOR [n° 1]	587	Chaudières (L'emploi de grandes vitesses de gaz dans les) [n° 4]	245
Brevets d'invention (Législation des) en Hollande [n° 5]	321	Carte internationale (Sur un projet de) et de repères aéronautiques [n° 10]	721	Chaudières (Rendement des) [n° 1]	54
Brides (Le mandrinage des) [n° 4]	245	Cassure d'un brasage [n° 12]	709	Chaudières (Transmission de la chaleur dans les) [n° 11]	657
Briques Dinas (Résistance au feu des) [n° 5]	313	Catalytique (La combustion) et ses applications industrielles, L. DESGROIX [n° 12]	312	Chaudières à vapeur (Dispositif interne pour le chauffage des) par le naphte, système Akman, A. LIÉVIN [n° 11]	641
Briques (Efflorescences des) [n° 1]	57	Catégories officielles et mise à la terre du point neutre [n° 5]	366	Chaudières à vapeur (Le maçonage des) en béton armé [n° 2]	118
Briques réfractaires (Dosage de la silice dans les argiles et les) [n° 5]	316	Cathode mercurielle (Nouvel électrolyseur à) pour la préparation du chlore et de la soude caustique, système Whiting, M. [n° 6]	392	Chaudières catalytiques, L. DESGROIX [n° 12]	710
Briques silico-calcaires, F. D. [n° 6]	414	Cédules (Système des) et des primes employés dans l'exploitation des chemins de fer aux Etats-Unis, G. F. [n° 7]	108	Chauffage central (Installation de la tuyauterie d'une station de) [n° 4]	256
Briquetage des combustibles pauvres et des déchets des combustibles, P. B. [n° 7]	184	Celluloid (Emploi du froid dans l'industrie du) [n° 2]	379	Chauffage des chambres de vapeur dans les chaudières [n° 3]	192
Briquetage des copeaux de fonte et de fer et leur fusion au cubilot [n° 3]	112	Cellulose (Sur l'inflammabilité du) [n° 6]	586	Chauffage (Le) des chaudières au charbon pulvérisé, L. D. [n° 11]	640
Bronze (Alliages de) et de laiton pour pièces mécaniques [n° 2]	427	Cellulose (Nouveaux dissolvants de la) [n° 11]	652	Chauffage (Dispositif interne pour le) des chaudières à vapeur par le naphte, système Akman, A. LIÉVIN [n° 11]	641
Bronzes d'aluminium (A propos des) à haute résistance [n° 7]	60	Cellulose (Sur les éthers nitreux de la) [n° 2]	494	Chauffage électrique (Le) appliqué à la cuisine [n° 10]	589
Bronzes (Trempe des) [n° 1]	474	Cémentation (Etude d'un acier spécial de), Pierre BREUIL [n° 9]	555	Chauffage électrique (Les appareils de) pour les usages domestiques [n° 10]	590
Bruit (L'amortissement du) et des trépidations des machines électriques [n° 8]	183	Cémentation des aciers au nickel [n° 12]	721	Chauffage des fours à gaz au goudron, G. et V. [n° 1]	29
C					
Cabestans (Emploi des) électriques dans l'industrie [n° 3]	189	Cémentation du fer par le carbone solide [n° 12]	121	Chauffage des fours Martin avec les gaz de fours à coke [n° 5]	313
Cables (Etude analytique des décharges atmosphériques au travers des) [n° 3]	234	Centrage (Le) sur le tour, L. D. [n° 10]	68	Chauffage au gaz des fours de boulangers [n° 2]	118
Cables en cuir à torsion pour la transmission de la force motrice, L. V. B. [n° 4]	60	Chaleur (La) et l'humidification dans le travail des textiles [n° 2]	437	Chauffage (Sur le) au goudron de houille [n° 2]	118
Cables électriques (Essais de) [n° 1]	298	Chaleur (Evolution de la) dans les turbines, Ch. LEMALE [n° 2]	528	Chaudière (Ce qu'il faut contrôler dans une), J. IZART [n° 10]	581
Cables à haute tension, L. V. B. [n° 5]	570	Chaleur (Propagation de la) en régime non permanent, M. A. [n° 8]	657	Chaux (Action de la vapeur d'eau sur le) carbone, en présence de la [n° 5]	316
Cables à haute tension (Nouveau système de protection pour), L. V. B. [n° 10]	441	Chaleur (Transmission de la) dans les chaudières [n° 11]	54	Chaux hydratée [n° 4]	250
Cables pour ligne de transport d'énergie électrique (Calcul des), Joseph LATOUR [n° 8]	652	Chaleur (Transmission de la) dans la condensation par surface [n° 1]	523	Chemins de fer anglais [n° 3]	192
Calcium (Dosage du) [n° 11]	527	Chaleur (Influence des impuretés de l'oxygène sur les effets du) [n° 9]	634	Chemins de fer (La 8 ^e session de l'Association du Congrès international des) (Berne, juillet 1910), F. DUBAR [n° 1]	37
Calcium (Emploi du) et du molybdène pour augmenter la résistance des fils de cuivre [n° 9]	78	Chambres de plomb (Déterioration des) par le fluor contenu dans les blindes, M. R. [n° 11]	294	— — [n° 2]	97
Calcul (Abaques pour le) des constructions en béton armé par la méthode de la circulaire ministérielle du 20 octobre 1906, A. CANNIC [n° 2]	600	Chambres de plomb (L'eau pulvérisée dans les), Ch. GAZEL [n° 5]	192	Chemins de fer de l'Etat belge (Résultats obtenus avec les nouvelles locomotives à marchandises à 4 cylindres et à surchauffe, système Flamme, des), J. B. F. [n° 1]	38
Calculs des compresseurs centrifuges, Ch. LEMALE [n° 11]	96	Chambres de vapeur (Chauffage des) dans les chaudières [n° 3]	590	Chemins de fer aux Etats-Unis (L'exploitation moderne d'un grand réseau de), G. F. [n° 3]	145
Calcul de la hauteur atteinte par un aéroplane, L. POTIN [n° 2]	167	Champs alternatifs dissymétriques (Hystérésis dans les) [n° 10]	299	— — [n° 4]	211
Calcul des pistons pour moteur d'automobile, C. LONCUE [n° 3]	374	Champs alternatifs (Les isolants dans les) de haute fréquence, L. V. B. [n° 5]	108	— — [n° 7]	392
Calendrage (Procédé pour rendre solide à l'eau l'éclat soyeux du au) [n° 6]	108	Champs interférents en télégraphie sans fil, Lieutenant de vaisseau TISSOT		— — [n° 8]	449
Camphre (Emploi du froid dans l'industrie du) [n° 2]		Conférence Supplément au n° 1, II			

	Pages.		Pages.		Pages.
Chemins de fer (Les) de l'Europe en 1910 [n° 5].	323	Coefficient (Variations du) de transmission thermique avec la longueur d'un tuyau, L. V. B. [n° 7].	422	Compresseurs ventilateurs (Turbines et), Ch. LEMALE [n° 5].	261
Chemins de fer d'intérêt local (Le XVI ^e Congrès international de tramways et de) (Bruxelles, septembre 1910), Fernand DUBAR [n° 2].	98	Colles (Emploi du froid dans l'industrie des) [n° 2].	109	Compression de l'air (Application de la) à la perforation des grands souterrains, H. VILLETARD [n° 11].	622
— [n° 3].	172	Colle de caoutchouc [n° 7].	429	Compteurs de courant sur les voitures, F. DUBAR [n° 5].	294
— [n° 4].	229	Colorants (Mordantage des) de cuve sur l'indigo et les couleurs de l'alizarine [n° 3].	188	Compteur d'eau à basculement (Nouveau) [n° 8].	473
— [n° 5].	293	Colorants (Procédé de préparation des fuchsines et autres) de la même classe [n° 11].	652	Compteurs d'énergie électrique, législation [n° 1].	62
Chemin de fer London-Brighton et côte méridionale (Electrification d'une section suburbaine du) [n° 9].	526	Coloration des métaux (Procédés de), A. VIDAL [n° 11].	641	Compteurs (L'emploi des) sur les voitures de tramways [n° 12].	718
Chemins de fer du Midi (L'électrification du réseau pyrénéen de la Compagnie des), J.-A. MONTPELLIER [n° 1].	5	— [n° 12].	708	Concassage des pierres, P. LÉVY-SALVADOR [n° 1].	14
Chemin de fer des mines de Carvin (Les automotrices benzo-électriques dans l'exploitation du), A. G. [n° 11].	613	Coloration du papier en surface, WALTER [n° 10].	578	Concession de travaux publics [n° 6].	385
Chemins de fer (Les) dans le monde [n° 9].	531	— [n° 11].	644	Concours général agricole de Paris 1911 (Les machines au), H. PILLAUD [n° 5].	283
Chemins de fer (Série de prix types pour un réseau de), A. PICHOT [n° 11].	631	Combustibles (Comparaison des) [n° 8].	481	Concours d'appareils militaires d'aviation [n° 2].	127
Chemin de fer souterrain du Nord-Sud (Les installations électriques du), G. DROMEL [n° 6].	341	Combustibles de faible valeur [n° 5].	314	Concours des œuvres sociales [n° 3].	195
— [n° 7].	404	Combustibles liquides (Les moteurs à), L. LETOMBE. Conférence [Supplément au n° 2].		Concours pour le sauvetage des équipages de sous-marin [n° 2].	127
Chemins de fer du sud de la France (Automotrices à courant monophasé à 6.000 volts des), F. D. [n° 11].	629	Combustibles liquides (Réservoirs à) pour la marine, E. F. [n° 2].	105	Condensateurs industriels (Les applications récentes des), G. FERROUX [n° 3].	147
Chemin de fer à travers les Pyrénées et tunnel du Somport (Planche IV), L. D. F. [n° 6].	328	Combustible (La manutention mécanique du) dans les grands dépôts de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, F. D. [n° 11].	631	— [n° 4].	216
Chemin de fer de Wasbash, aux Etats-Unis (Emploi du béton armé sur le) [n° 2].	124	Combustibles pauvres (Briquetage des) et des déchets de combustibles, P. B. [n° 7].	414	Condensateurs (Pertes d'énergie dans les) traversés par des courants de haute fréquence [n° 3].	190
Chemin parcouru (Détermination nomographique du) par un navire en cours de mouvement varié [n° 4].	255	Combustion catalytique (La et ses applications industrielles), P. DESCROIX [n° 12].	709	Condensations isolées et centrales dans les mines et la métallurgie, L. DESCROIX [n° 1].	47
Cheminée en béton armé [n° 11].	646	Combustion économique des fines et poussières [n° 1].	49	Condensation par surface (Transmission de la chaleur dans la) [n° 1].	54
Cheminées d'usines (Analyse des gaz sortant des) [n° 9].	524	Combustion dans les foyers mécaniques [n° 7].	433	Condensation dans les usines à gaz [n° 7].	429
Cheminées d'usines (L'échappement des gaz dans les) [n° 7].	433	Combustions industrielles (L'enrichissement de l'air en oxygène dans les), J. IZART [n° 12].	713	Condenseur à surface [n° 3].	191
Chili (La métallurgie au) [n° 10].	591	Combustion (Rendement de et rendement des chaudières) [n° 1].	54	Condenseurs de vapeur (Refroidissement de l'eau de circulation des) [n° 10].	593
Chlorage de l'apprêt (Procédé pour éviter l'attaque des colorants au) [n° 6].	374	Combustion spontanée du charbon [n° 5].	314	Conducteur (Efforts exercés sur un) par le courant qui le traverse [n° 3].	190
Chlore (Nouvel électrolyseur à cathode mercurielle pour la préparation du) et de la soude caustique, système Whiting [n° 6].	366	Comité central des armateurs de France (Décisions du) [n° 3].	194	Conduites (Les coups d'eau dans les) [n° 11].	647
Chlorures anhydres (Mode général de préparation de) [n° 3].	189	Commande par courroie (Nouvelle théorie de la) [n° 1].	55	Conduites d'eau (Moyens de dégelier les) par l'électricité [n° 3].	183
Chlorure de calcium (Dessiccation de l'air des hauts fourneaux par le) [n° 6].	377	Commande électrique (La) appliquée à la direction des navires [n° 11].	653	Congélation (Le creusement des puits par) en Campine, A. BREYRE [n° 11].	614
Chlorure de sodium (Electrolyse des solutions de) [n° 12].	719	Commande électrique des métiers à filer [n° 7].	425	Congrès de l'apprentissage de Roubaix en 1911, P. JANNETAZ [n° 8].	482
Chlorures (La titration des) appliquée au jaugeage des débits de turbines, P. B. [n° 6].	369	Commande électrique des petits laminoirs [n° 8].	480	Congrès international des chemins de fer (La 8 ^e session de l'Association du) (Berne, juillet 1910), Fernand DUBAR [n° 1].	37
Chronophone [n° 2].	124	Commande électrique des raboteuses (La), C. MANNESSIER [n° 4].	231	— [n° 2].	97
Chute d'aéroplanes et causes probables [n° 3].	188	Commande électrique (La) dans les usines textiles, Ed. FONTIGNY [n° 8].	442	Congrès international de l'enseignement technique supérieur (Compte rendu du) (Bruxelles, septembre 1910) [n° 1].	62
Ciments (Action des eaux de la mer sur les) [n° 3].	187	— [n° 9].	502	— [n° 2].	125
Ciment armé (Sur la fabrication des poteaux en), L. V. B. [n° 9].	521	Commande électro-mécanique à distance [n° 4].	247	— [n° 3].	193
Ciments à base d'oxyde de fer [n° 1].	58	Commande industrielle (Economie d'établissement par) [n° 1].	56	Congrès (II ^e) international du froid (Vienne, octobre 1910), P. B. [n° 1].	51
Ciment (Nouveau mode d'utilisation des écumes de carbonatation de sucreries pour la fabrication du), M. R. [n° 4].	230	Commerce des charbons en France et en Allemagne en 1910 [n° 5].	322	Congrès (Compte rendu technique du) tenu à Londres à l'occasion du cinquantième de l'Institut des naval architects, A. MARBEC [n° 10].	544
Ciment Portland (Action de l'eau de mer sur le béton de), [n° 5].	316	Commerce des Etats-Unis en 1909-1910 [n° 4].	259	— [n° 11].	619
Ciment Portland (Addition d'huile au) [n° 11].	652	Commerce extérieur de la France en 1910 [n° 5].	322	Congrès de la mécanique agricole à Paris en 1911 [n° 1].	61
Ciment Portland (La fabrication du) dans l'Amérique du Nord [n° 5].	316	— [n° 11].	659	Congrès de la meunerie en 1910 à Paris [n° 1].	63
Ciments (Sur la prise des) [n° 9].	523	Commission (La) électro-technique internationale [n° 3].	195	Congrès international des mines, de la métallurgie, de la mécanique et de la géologie appliquée, tenue à Dusseldorf (juin 1910), L. DESCROIX [n° 1].	4
Ciment (Protection du) pour le fer [n° 8].	478	Communication radiotélégraphique et radiotéléphonique avec les aéroplanes et dirigeables [n° 9].	526	Congrès (Le XVI ^e) international des tramways et des chemins de fer d'intérêt local (Bruxelles, septembre 1910), Fernand DUBAR [n° 2].	98
Ciment (Résultats obtenus en gâchant le) avec des liquides susceptibles de produire de l'acide carbonique [n° 4].	253	Comparaison des combustibles [n° 8].	481	— [n° 3].	172
Cinématographiques (Application des gyroscopes à la prise des vues), [n° 2].	124	Comparaison (La loi de) de Froude appliquée aux navires aériens [n° 3].	187	— [n° 4].	224
Coalescence et régénération du caoutchouc [n° 3].	186	Compensatrice (Nouvelle), système Westinghouse, M. [n° 4].	233	— [n° 5].	296
Coefficient de glissement (Appareil pour la mesure graphique et rapide du) des moteurs d'induction, système Andrault, L. V. B. [n° 8].	465	Compoundage des alternateurs au moyen des soupapes électrolytiques [n° 4].	253	Connexion (Moteur à double collecteur pour) sur réseau triphasé [n° 12].	714
Coefficient de Napier (Sur la valeur du) pour la vapeur, surchauffée [n° 1].	54	Compresseur d'air Delsuc [n° 2].	121	Conservation des couleurs au moyen de l'acide formique [n° 3].	18
		Compresseur (Application économique du turbo-) actionné par une turbine [n° 5].	319	Consolidation d'un radier sous voie ferrée au moyen du béton armé (Planche II), A. PICHOT [n° 4].	215
		Compresseurs centrifuges (Calculs des), Ch. LEMALE [n° 11].	600	Consommation des diverses sources d'éclairage [n° 2].	113
		Compresseur double (Nouveau), système Sulzer, G. R. [n° 10].	571		
		Compresseurs des machines à glace, P. B. [n° 1].	52		
		Compresseurs dans les mines, L. DESCROIX [n° 1].	48		

	Pages.		Pages.		Pages.
Constituants volatils du charbon [n° 5] . . .	314	Courant d'air (Sur un procédé d'observation des trajectoires suivies par les éléments d'un) gêné par des obstacles de forme variable [n° 4]	252	Cylindres de laminoirs (Tournage automatique des) et de toute pièce cylindrique en général, Capitaine P. GORGEU [n° 7]	394
Constructions en béton armé (Abaques pour le calcul des), A. CANNIC [n° 2] . .	78	Courants alternatifs (Emploi des condensateurs pour relever le facteur de puissance des), G. FERROUX [n° 4] . .	216	Cylindre (Rupture d'un) par coup d'eau, L. D. [n° 4]	236
Construction en béton armé (Nouveau procédé de), P. BRAIVE [n° 11]	644	Courants alternatifs (Nouveaux appareils de mesure pour) [n° 4]	254	Cylindre à vapeur fissuré (Curieuse réparation à un), L. D. [n° 4]	236
Construction et conduite des aéroplanes, Capitaine E. TARRON [n° 6]	337	Courants alternatifs (Interrupteur pour la production des), système Cohen, M. [n° 8]	465		
— — [n° 7]	396	Courant alternatif (Redresseur de courant pour réseaux à), L. V. B. [n° 9]	521		
Construction d'une ligne de transport d'énergie électrique dans la traversée de la commune de Montdragon (Tarn), Joseph LATOUR [n° 8]	440	Courant alternatif monophasé (Traction électrique par) transformé en courant continu sur la locomotive, F. D. [n° 10] .	568		
Construction (L'état actuel de la) des machines à vapeur [n° 11]	654	Courants alternatifs (Moteurs à) pour les aciéries [n° 12]	719		
Constructions en pierres artificielles, J. GARCON [n° 6]	379	Courant continu (Economiseurs à) [n° 7] . .	426		
Constructions (Effets des tremblements de terre sur les), A. G. [n° 2]	110	Courant continu (Faut-il employer le) ou le courant alternatif pour la commande des grues, L. V. B. [n° 9]	521		
Construction des ponts à transbordeur pour la traversée des passes maritimes, G. LEINEKUGEL LE COCQ [n° 1]	1	Courants électriques Effets des) sur le béton armé [n° 5]	316		
— — [n° 2]	76	Courants de grande intensité (Mesure absolue des) [n° 2]	120		
Construction des routes (Sur la) et ouvrages d'art en terrains calcaires [n° 11]	657	Courants de haute fréquence (Résistance offerte par un conducteur aux) [n° 8] . .	480		
Construction du tunnel du Somport, L. D. F. [n° 6]	328	Courants téléphoniques (La propagation des), L. V. BOURNAT [n° 5]	299		
Contrôle des ascenseurs électriques [n° 11] .	653	Courant triphasé (La prise de terre dans les installations à), L. V. B. [n° 1]	41		
Contrôle automatique de l'eau de condensation [n° 1]	54	Courants triphasés (Un nouveau transformateur de) en courants diphasés [n° 11] .	649		
Contrôle automatique pour moteurs à courant continu [n° 11]	653	Courbes des voies de chemins de fer (Vérification et régularisation du tracé des), L. POTIN [n° 5]	268		
Contrôle des équipements (Le) de traction électrique, H. MARCHAND [n° 1] . .	19	Courroies en acier [n° 11]	617		
Contrôle permanent du titre des eaux d'alimentation [n° 5]	311	Courroies en cuir (Sur l'emploi des), L. V. B. [n° 7]	420		
Contrôler (Ce qu'il faut) dans une chaufferie [n° 10]	581	Courroie (Nouvelle théorie de la commande par) [n° 1]	55		
Convertisseurs en cascade [n° 11]	653	Courroies (Deux manières de coudre les), L. D. [n° 7]	420		
Copeaux (Le briquetage des) de fonte et de fer et leur fusion au cubilot [n° 3] . . .	184	Cours d'eau (Calcul des débits et remous des), G. DARIÈS [n° 4]	197		
Cordages (Recherches expérimentales sur la résistance des) usités en acrosiation, Capitaine DO [n° 1]	24	Court-circuit (Phénomènes électromagnétiques qui résultent de la mise en) brusque d'un alternateur [n° 12]	719		
— — [n° 4]	225	Coussinets (Machine pour l'essai des) au frottement [n° 1]	55		
Cordeau détonant (Nouvelle application du) aux travaux publics [n° 2]	124	Crasses (Dépôts et) des machines [n° 5] . .	314		
Corps émettant de la lumière pendant un certain temps après avoir été broyés ou frottés [n° 9]	525	Cravons (Fabrication des) des lampes à arc, M. [n° 11]	636		
Corps gras (Méthode d'analyse des) [n° 2] .	119	Créosotes [n° 6]	359		
Corrosion des chaudières [n° 3]	189	Créosote (Huiles de) [n° 5]	315		
Corrosion électrolytique (Applications industrielles de la), L. V. B. [n° 10]	582	Grépon par impression de soude caustique sur noir uni [n° 8]	479		
Corrosion du fer (La) [n° 8]	476	Creusement (Le) des fruits par congélation en Campine, A. BREYRE [n° 11] . .	614		
Corrosion du fer par l'électrolyse (Prévention de la) [n° 1]	57	Criblage des pierres, Paul LÉVY-SALVADOR [n° 4]	15		
Corrosion des fers et aciers [n° 11]	657	Crocodiles, J. NETTER [n° 2]	67		
Corrosion (Influence de la température sur la) [n° 11]	656	Cruces et inondations, G. DARIÈS [n° 4] .	197		
Corrosion du laiton [n° 11]	657	Cuirassés (Les) Jean-Bart et Courbet, P. B. [n° 11]	638		
Corrosion de métaux [n° 6]	377	Cuisine (Le chauffage électrique appliqué à la) [n° 10]	589		
Corrosion des récipients domestiques [n° 4] .	253	Cuivre (Coloration du), A. VIDAL [n° 11] .	642		
Côte d'Ivoire (Le caoutchouc à la) [n° 5] . .	322	Cuivre dur (Le) [n° 12]	716		
Coton (Blanchiment des tissus de), J. [n° 7] .	423	Cuivre (Fonte de) de haute conductibilité [n° 6]	384		
Coton (Densités des fils de) par rapport à leurs diamètres, J. DANTZER [n° 6] . .	351	Cuivre (Progrès de la métallurgie du) [n° 2] .	122		
Coton-poudre, J. DELPECH [n° 12]	693	— [n° 6]	382		
Coton (Ventilation des filatures de) du nord de la France, L. BARGERON [n° 1]	43	Culbuteurs de wagons à plate-forme et à rails cintrés, système Pohlig, M. [n° 3] .	171		
— — [n° 2]	103	Culture mécanique (La) au concours agricole de 1911, H. PILLAUD [n° 5]	283		
Coudre (Deux manières de) les courroies, L. D. [n° 7]	420	Cyanamide (Caractérisation de la) [n° 8] . .	478		
Couleurs (Conservation des) au moyen de l'acide formique [n° 3]	189	Cyanures (Sur l'industrie des) [n° 6] . . .	379		
Couleurs (Nouvelles méthodes d'impression des) au soufre [n° 8]	479	Cyanure de potassium (Empoisonnement par le) [n° 3]	189		
Coups d'eau (Les) dans les conduites, J. IZART [n° 11]	647	Cylindres en fonte au vanadium pour locomotives, F. D. [n° 4]	230		
Coup d'eau (Rupture d'un cylindre par), L. D. [n° 4]	236				
Coupage des tubes, système Gallon, H. GALLON [n° 1]	46				
Couperie de poils (Hygiène dans l'industrie de la) [n° 10]	594				
Courants d'air (Action des) sur les fils à plomb dans les puits, P. [n° 5]	308				

	Pages.		Pages.		Pages.
Détermination des densités et diamètres des matières textiles à l'état de fils simples, JAMES DANTZER [n° 3].	150	Eau de circulation (Refroidissement de l') des condenseurs de vapeur [n° 10].	593	Elargissement des métaux pendant le laminage, M. PICARD [n° 4].	237
— — [n° 4].	221	Eau de condensation (Contrôle automatique de l') [n° 1].	54	— — [n° 5].	396
— — [n° 6].	350	Eau (Sur la décomposition de l') par les radiations ultra-violettes) [n° 5].	320	— — [n° 6].	372
Détermination de la vitesse d'un mobile dans l'atmosphère [n° 9].	519	Eaux d'égout (Considérations sur l'utilisation agricole des) [n° 10].	587	Elargissement (L') du pont des Arches, à Liège, H. P. [n° 9].	490
Développement physique d'une image radiographique après fixage par l'hyposulfite de soude et lavage prolongé de la plaque sensible irradiée [n° 9].	529	Eaux d'égout (Les phénomènes d'épuration des) par le sol et par les lits bactériens [n° 7].	429	Electricité (L') dans les charbonnages [n° 9].	528
Diamètres (Détermination des densités et) des matières textiles à l'état de fils simples, JAMES DANTZER [n° 3].	150	Eaux (L'épuration des) destinées à l'alimentation des villes, M. [n° 5].	301	Electricité (Application de l') aux mines, au Congrès de Dusseldorf, L. Descaux [n° 1].	48
— — [n° 4].	221	Eau (La lutte pour la possession de l') [n° 2].	119	Electricité (Compteurs d'énergie d'), législation [n° 1].	62
— — [n° 6].	350	Eau de mer (Action de l') sur le béton de ciment Portland [n° 5].	316	Electricité (Emploi de l') dans les fabriques de glace artificielle, L. V. B. [n° 8].	475
Différentiel (Etude sur le), Capitaine RENAUD [n° 5].	264	Eaux de mer (Action des) sur les ciments, J. GARGON [n° 3].	187	Electricité (Emploi de l') dans les filatures [n° 9].	565
Dilatations et tensions pendant le chauffage et le refroidissement d'un mur, M. A. [n° 9].	493	Eaux minérales thermales (Sur une nouvelle méthode d'utilisation à distance des) [n° 10].	593	Electricité (Exposition des applications de l') aux chemins de fer, à Saint-Petersbourg en 1911 [n° 1].	63
Dénitrogénérisation, L. OTTENDAHL [n° 5].	290	Eau oxygénée (Préparation électrique de l') [n° 8].	477	Electricité (L') en Italie en 1909 [n° 3].	191
Diorite (Note sur l'exploitation des carrières de) de la Meilleraie, près Pouzanges (Vendée), Paul LÉVY-SALVADOR [n° 1].	12	Eau en pression (La transformation de la vitesse de l'), L. V. B. [n° 7].	416	Electricité appliquée au labourage, P. [n° 2].	101
Direction des machines d'extraction : moteurs de laminoirs et de centrales à courants triphasés, L. D. [n° 5].	297	Eau (L') pulvérisée dans les chambres de plomb, Ch. GAZEL [n° 5].	294	Electricité (Lignes de transmission de l') [n° 7].	430
Direction des navires (La commande électrique appliquée à la) [n° 11].	653	Eau (L') dans la fabrication du papier, J. GARGON [n° 7].	428	Electricité (L') dans les usines au Mexique [n° 7].	431
Dirigeables (Les aérostats) contemporains, Capitaine Paul RENAUD [n° 2].	88	Eau (La purification des) à Washington [n° 2].	119	Electricité (Les moteurs primaires pour installations d') [n° 11].	653
Disques minces (Usinage de), L. D. [n° 4].	239	Eaux résiduaires de féculerie [n° 4].	251	Electricité (Les nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'), L. D. F. [n° 11].	608
Dissolution de l'acide carbonique dans la bière [n° 9].	524	Eaux résiduaires de féculerie et leur utilisation [n° 7].	429	Electricité (L') dans la région parisienne [n° 12].	723
Dissolvants (Nouveaux) de la cellulose [n° 11].	652	Eaux résiduaires de laiterie (Epuration des) [n° 5].	319	Electricité (De l'utilisation de l' en agriculture [n° 3].	183
Distillation de la boue sèche des eaux d'égout en vue de la fabrication du gaz d'éclairage [n° 8].	479	Eau (Le rôle de l') en brasserie [n° 3].	188	Electricité (De l'utilisation des moulins à vent pour la production de l' et les expériences d'Askov, P. B. [n° 3].	177
Distribution des eaux potables (Substitution des tubes de cuivre aux tubes de plomb dans la) [n° 7].	429	Eau de Seltz (Action de l') sur le plomb, l'étain et l'antimoine; causes d'intoxication par altération chimique [n° 11].	654	Electrification des lignes de chemins de fer de l'Etat dans la banlieue Ouest de Paris (Planche III), E. JANIN [n° 5].	266
Distribution d'électricité (Les nouvelles usines de la compagnie parisienne de), L. D. F. [n° 11].	608	Eau (Stérilisation de l') par les rayons ultra-violettes [n° 2].	123	Electrification du réseau pyrénéen de la Compagnie des chemins de fer du Midi, J. A. MONTPELLIER [n° 1].	5
Distributions d'énergie électrique (Arrêté relatif aux) [n° 6].	385	Eau (Nouvelles recherches sur la stérilisation de l') par les rayons ultra-violettes [n° 1].	60	Electrification d'une section suburbaine du chemin de fer London-Brighton et côte méridionale [n° 9].	526
Distributions pour lampes à filaments métalliques [n° 2].	114	Eau (Température d'attaque de l') par les métaux alcalins [n° 5].	316	Electrifier (Doit-on) les machines d'extraction dans les mines? [n° 2].	114
Distribution (La) et les mouvements secondaires dans les perforatrices et marteaux pneumatiques, L. CRUSSARD [n° 6].	346	Echappement central (Les machines à), J. IZART [n° 5].	310	Electriques (Développement des installations) de Brighton (Angleterre) [n° 10].	588
— — [n° 7].	410	Echappement (L') des gaz dans les cheminées d'usines [n° 7].	433	Electrique (L'industrie) en Italie [n° 3].	194
— — [n° 8].	452	Eclairage (Consommation des diverses sources d') [n° 2].	113	Electrique (L'industrie) en Japon [n° 4].	259
Distribution par le piston (Machine à vapeur à) [n° 11].	654	Eclairage électrique par lampe à arc-flamme [n° 4].	254	Electrique (L'industrie) en Suède [n° 5].	323
Dock de relevage pour sous-marins Vulkan, de la marine allemande, P. L. [n° 3].	176	Eclairage électrique (Perfectionnements dans l'industrie de l') [n° 10].	588	Electrique (L'inondation de janvier 1910 et le matériel) [n° 2].	120
Dosage du calcium [n° 11].	652	Eclairage électrique des trains [n° 10].	589	Electriques (Installations) des aciéries de l'Eichler-Hütten-Verein, Le Gallais, Metz, M. [n° 9].	513
Draps (Perméabilité des) [n° 2].	118	Eclairage (Essais d') au gaz surpressé, L. V. BOUNAT [n° 3].	181	Electriques (Les installations) de chemin de fer souterrain Nord-Sud de Paris, G. DROMEL [n° 6].	341
Duralumin (Propriétés du), G. R. [n° 11].	643	Eclairage à incandescence réalisant une économie très notable sur les lampes à filament de charbon [n° 9].	525	Electriques (Machines) à axe vertical, E. SOUPPEY [n° 4].	256
Durée des traversées de chemins de fer [n° 7].	433	Eclairage (L') au néon [n° 2].	123	Electrique (Nouvelle machine) pour l'essai des matériaux, L. V. B. [n° 12].	700
Dureté des aciers (Recherches sur la : parallèle entre la dureté et la résilience, Capitaine GRARD [n° 6].	373	Eclairage public ou privé (Photomètre pratique pour le contrôle du pouvoir lumineux des becs servant à l') [n° 8].	481	Electriques (Réseaux) unifiés [n° 10].	586
— — [n° 7].	420	Eclairage (Fabrication des verres d') [n° 11].	653	Electriques (Stations) du Niagara [n° 12].	720
— — [n° 8].	470	Economie d'établissement par commande individuelle [n° 1].	56	Electro-aimant de levage [n° 12].	715
Dynamites (Les), L. OTTENDAHL [n° 5].	287	Economeurs à courant continu [n° 7].	426	Electrodes charbon (Fabrication des) [n° 4].	250
Dynamites (Amorçage des), L. OTTENDAHL [n° 1].	40	Economeurs (La transmission thermique dans les) [n° 1].	647	Electrogènes (Groupes) automobiles et projecteurs électriques, A. ROUSSET [n° 4].	218
Dynamite (Le labourage à la) [n° 10].	585	Ecrasement (Lois de la résistance à l') [n° 2].	122	— — [n° 5].	270
Dynamomètre de transmission André Wallon [n° 2].	121	Ecroûis (Les revenus des produits) [n° 2].	122	Electrogènes (Régulation des groupes), L. BARBILLON [n° 9].	485
Dynamos (Les enrouleurs appliqués aux) [n° 5].	312	Ecroûissage d'un rail (Lettre du métallurgiste OSMOND) [n° 2].	115	— — [n° 10].	536
		Ecumes de carbonatation de sucreries (Nouveau mode d'utilisation des) pour la fabrication du ciment, M. R. [n° 4].	230	— — [n° 12].	674
		Effets brochés sur cuir [n° 8].	472	Electrolyse (L') appliqué au traitement des sables aurifères [n° 6].	381
		Efluorescences des briques [n° 1].	57	Electrolyse (Prévention de la corrosion du fer par l') [n° 1].	57
		Effluve (Action de l') sur le gaz ammoniac sec et humide [n° 10].	588	Electrolyse des solutions de chlorure de sodium [n° 12].	719
		Efforts exercés sur un conducteur par le courant qui le traverse [n° 3].	190	Electrolyse du sulfate de cuivre [n° 11].	652
		Egalisation des charges (Le problème de l' et sa solution electro-mécanique [n° 11].	648	Electrolyseur (Nouvel à cathode mercurielle pour la préparation du chlore et de la soude caustique, système Whiting, M. [n° 6].	366

	Pages.		Pages.		Pages.
Electrolyseur pour désétamage et récupération des déchets de fer blanc, G. R. [n° 8].	466	Entretien des voies de chemin de fer (Nouvelle formule des salaires et application au cas de l'), L. PETIN [n° 9]. . .	488	Exploitation des mines (Règlement sur l') de combustibles [n° 11].	658
Electromagnétiques (Phénomènes) qui résultent de la mise en court-circuit brusque d'un alternateur [n° 12].	719	Epuration des eaux destinées à l'alimentation des villes, M. [n° 5].	301	Exploitation moderne d'un grand réseau de chemins de fer aux Etats-Unis, G. F. [n° 3].	145
Electrosidérurgie (L'), Léon GUILLET, conférence [Supplément au n° 3].		Epuration (Les phénomènes d') des eaux d'égout par le sol et par les lits bactériens [n° 7].	429	— — [n° 4].	211
Electrosidérurgie (Progrès récents en) [n° 12].	720	Epuration des eaux résiduaires de laiterie [n° 5].	319	— — [n° 7].	392
Electrostatique (Sur une grande machine) [n° 9].	525	Equilibrage des organes mécaniques R. FILLOCHE et Georges LÉVY [n° 1]. . .	16	— — [n° 8].	449
Electrotechnique (La commission internationale) [n° 3].	195	— — [n° 2].	71	Exploitation télégraphique (Nouveau mode d'), système Multiplex-Mercadier-Magunna [n° 4].	255
Electrotechnique (Problèmes à étudier en) [n° 11].	588	Equipements (Le contrôle des) de traction électrique, H. MARCHAND [n° 1]. .	19	Explosibilité des mélanges d'air et de gaz [n° 11].	652
Elément primaire (L') Benko et ses applications [n° 9].	525	Equipement électrique à vitesse réglable pour appareil de levage, système Bergmann, M. [n° 1].	41	Explosifs (Le froid dans l'industrie des) [n° 2].	109
Elevateurs magnétiques [n° 9].	527	Equipement des grues de chargement et déchargement [n° 3].	191	Explosifs modernes (Les) : La dynamite, L. OTTENDAH [n° 5].	287
Embrayages magnétiques [n° 6].	376	Essais sur les alliages blancs antifriction pour coussinets [n° 3].	185	Explosif de sûreté [n° 2].	123
Emmagasinage et vente des hydrocarbures [n° 4].	257	Essais de barrettes entières en acier spécial de cémentation, Pierre BREUIL [n° 9].	494	Explosions (Moyen de prévention des) minières : Le bourrage extérieur en matières incombustibles [n° 12].	721
Empaqueter (Machine à) automatique, P. B. [n° 7].	419	Essais de câbles électriques [n° 1].	60	Exportation française (Répertoire pour favoriser le développement de l') [n° 2]. . .	127
Employeurs et employés (Relations entre) dans une Compagnie de chemins de fer aux Etats-Unis, G. F. [n° 8].	450	Essais de canalisations souterraines après pose [n° 2].	120	Exposition (L') universelle de Paris en 1920 [n° 3].	195
Empoisonnements dus à l'emploi de beurres végétaux et de margarines, J. GARGON [n° 4].	251	Essai des coussinets au frottement (Machine pour l') [n° 1].	55	Exposition industrielle internationale en Russie en 1911 [n° 1].	63
Empoisonnements par le cyanure de potassium [n° 3].	189	Essais d'éclairage au gaz surpressé, L. V. BOURNAT [n° 3].	181	Exposition des applications de l'électricité aux chemins de fer à Saint-Petersbourg en 1911 [n° 1].	63
Encorbellements de la rue de Rome et du boulevard des Batignolles, à Paris [n° 9]. .	529	Essais sur le fonctionnement des interrupteurs à huile [n° 9].	525	Exposition internationale de Turin (L') de 1911, G. MONIN [n° 12].	722
Energie cinétique (Utilisation pratique de l') des vagues de la mer, J. A. MONTPELLIER [n° 2].	105	Essai des huiles pour transformateurs [n° 1].	56	Exposition de Turin (La force motrice à l') [n° 10].	581
Energie électrique (L') aux mines de Lens [n° 2].	123	Essais (Méthodes d') comparés des machines à vapeur et des moteurs à gaz [n° 6]. . .	381	Extensibilité (Sur l') du caoutchouc vulcanisé [n° 4].	255
Energie électrique (La construction d'une ligne de transport d') dans la traversée de la commune de Montdragon (Tarn), Joseph LATOUR [n° 8].	440	Essai de manchons à incandescence, J. GARGON [n° 3].	187	Extraction (Application des moteurs à induction à l'actionnement des machines d') [n° 8].	480
Energie électrique (Transport d') : construction des lignes au moyen de supports flexibles en fer laminé, G. DÉTHIOLLAZ [n° 2].	80	Essais de marteaux perforateurs pneumatiques exécutés dans les mines de pyrite de Saint-Bel [n° 3].	179	Extraction (La direction des machines d'), L. D. [n° 5].	297
Enlèvement blanc au lactate stannique sur mordant de chrome destiné à la teinture [n° 8].	479	Essai des matériaux (Nouvelle machine électrique pour l'), L.-V. B. [n° 12].	700	Extraction (Doit-on électrifier les machines d') dans les mines [n° 2].	114
Enregistrement du pouvoir calorifique du gaz [n° 9].	520	Essai de métaux pour l'étude de l'amortissement des mouvements vibratoires [n° 2].	122	Extraction des pierres, Paul LÉVY-SALVADOR [n° 1].	13
Enregistrement (Dispositif d') à distance d'une transmission téléphonique sur cylindres ou disques phonographiques [n° 9].	526	Essais de traction électrique par locomotives équipées, avec moteurs à courant monophasé sur le réseau des chemins de fer du Midi, F. D. [n° 8].	463	Extraits tanniques (La fabrication des), leur analyse et leur emploi, L. MEUNIER [n° 10].	562
Enrichissement de l'air en oxygène dans les combustions industrielles [n° 12].	713	Essai d'un turbo-générateur de 9000 kw, P. BREUIL [n° 1].	54	— — [n° 11].	625
Enroulements des machines de haut voltage (Action chimique exercée sur les) [n° 5]. .	316	Essais de vaporisation [n° 6].	375	— — [n° 12].	695
Enroulements appliqués aux dynamos et aux moteurs électriques [n° 5].	312	Essence d'eucalyptus (L') en métallurgie [n° 12].	717		
Enseignement professionnel, H. LE CHATELIER, Conférence [Supplément au n° 5] VIII.		Essences (Falsification des) [n° 12].	717	F	
Enseignement technique supérieur (Le but et les méthodes de l'), H. LE CHATELIER, Conférence [Supplément au n° 5].		Essence de fleurs d'oranger [n° 4].	253	Fabrication des extraits tanniques, leur analyse, leur emploi, L. MEUNIER [n° 10].	562
Enseignement technique (L') dans une province belge, Maurice GRIGAUT [n° 1]. . . .	61	Etain (Action de l'eau de Seltz sur l') [n° 11].	654	— — [n° 11].	625
Enseignement technique supérieur (Compte rendu du Congrès international de l'), Bruxelles, septembre 1910 [n° 1].	62	Etain (Les progrès de la métallurgie de l') en France [n° 6].	383	Fabrication des vis (Nouvelle méthode de), L. D. [n° 7].	419
— [n° 2].	125	Etain (Longueur en silice) (Un) [n° 10]. . .	585	Falsification des essences [n° 12].	717
— [n° 3].	193	Etalons lumineux [n° 2].	113	Fatigue des métaux : Lettre du métallurgiste OSMOND [n° 2].	115
Enseignement technique (Les universités et l'), R. MORTIER [n° 11].	658	Etailon magnétique Cambridge, M. [n° 7]. .	415	Féculerie (Eaux résiduaires de) [n° 4]. . . .	251
— — [n° 12].	722	Etailons Weston et Latimer-Clark [n° 3]. .	189	Féculerie (Les eaux résiduaires de) et leur utilisation [n° 7].	429
Entrepôt frigorifique (L'), L. MARCHIS, Conférence [Supplément au n° 5].		Etats-Unis (Le commerce des) en 1909-1910 [n° 4].	259	Fers et aciers (Action des huiles sur les) [n° 8].	477
Entrepôt général frigorifique d'Epinau (Seine), E. PACORET [n° 5].	278	Etats-Unis (Production minière et métallurgique des) en 1910, P. B. [n° 10].	595	Fers et aciers (Corrosion des) [n° 11]. . . .	657
Entreprises industrielles russes par actions (Rendement des) de 1902 à 1907, A. L. [n° 6].	385	Etau pour plaques, L. D. [n° 4].	236	Fer (L'action des solutions aqueuses sur le), P. BREUIL [n° 7].	427
		Ethers nitrés (Sur les) de la cellulose [n° 2].	110	Fer (Le briquetage des copeaux de fonte et de) et leur fusion au cubilot [n° 3]. . . .	184
		Etuves destinées au matériel électrique, E. SOUPRY [n° 5].	311	Fer (Sur la cémentation du) par le carbone solide [n° 12].	720
		Eucalyptus (L'essence d') en métallurgie [n° 12].	717	Fer (Coloration du), A. VIDAL [n° 11]. . . .	643
		Evaporation par grimpage et ses applications [n° 5].	320	Fer (La corrosion du) [n° 8].	476
		Examen préalable des brevets, G. LAINEL [n° 2].	125	Fer (Effets du titane sur le) [n° 9].	527
		Excitation par choc dans la télégraphie sans fil [n° 2].	120	Fer (Fabrication du) en partant du minéral, Léon GUILLET, Conférence [Supplément au n° 3].	
		Exercices pratiques (Organisation des), PERPÈTE [n° 2].	125	Fer (Le four à induction dans l'industrie du) et de l'acier [n° 7].	432
		Expériences faites au moyen de l'installation des mesures aérodynamiques de l'établissement d'aviation de Vincennes [n° 6].	380	Fers en L (Laminage des) [n° 4].	239
		Exploitation des carrières de diorite à La Meilleraie, près Pouzanges (Vendée), Paul LÉVY-SALVADOR [n° 1].	12	Fer (Prévention de la corrosion du) par l'électrolyse [n° 1].	57
				Fer pur (Nouveau procédé pour la préparation industrielle du), P. B. [n° 4].	240

	Pages.		Pages.		Pages.
Fer (Propriétés magnétiques des alliages de) [n° 11]	650	Fours chauffés au goudron, G. et V. [n° 1]	30	Fumivorté par lavage des gaz [n° 11]	651
Fer (Protection du ciment pour le) [n° 8]	478	Fours au coke (L'emploi le plus convenable des gaz de hauts fourneaux et de) dans les aciéries [n° 10]	583	Fusion au cubilot (Le briquetage des copeaux de fonte et de fer et leur) [n° 3]	184
Fer (Le) pur ne se rouille pas [n° 2]	117	Four électrique (L'acier fabriqué au) aussi économiquement que l'acier Bessemer [n° 11]	656	Fusion (Etat actuel de la fonderie en deuxième) [n° 2]	122
Fer (Ressources mondiales en minerais de), P. B. [n° 6]	386	Four électrique pour la fusion du zinc [n° 8]	477	Fusion (Nouvelle méthode pour déterminer exactement le point de) des métaux [n° 5]	307
Fer (Statistique de l'industrie du) en Russie en 1909 [n° 3]	194	Four électrique, système Nathusius, L. V. B. [n° 2]	99	Fusion (Températures de) de substances dites réfractaires [n° 9]	523
Ferment bulgare [n° 2]	119	Four électrique (Réduction directe du minerai de fer au), C. [n° 7]	421		
Fermentation alcoolique (L'acide formique de la) [n° 12]	718	Four électrique (Production au) de la fonte brute [n° 7]	432	Galet de trolley à graissage constant automatique, A. L. [n° 2]	100
Fermentation alcoolique (Action des nitrates dans la) [n° 1]	59	Four électrique (Le traitement des minerais de zinc au) [n° 6]	383	Gares (Grandes) [n° 1]	37
Fils de cuivre (Emploi du calcium et du molybdène pour augmenter la résistance des) [n° 9]	308	Four électrique à chauffer les barres [n° 6]	383	Gare Saint-Lazare (Les travaux d'amélioration de la) (Pl. III), E. JANIN [n° 5]	266
Fils à plomb dans les puits (Action des courants d'air sur les), P. [n° 5]	150	Four électrique d'affinage Hiorth [n° 6]	383	Gaz (Analyse des) sortant des cheminées d'usines [n° 9]	524
Fils simples (Détermination des densités et diamètres des matières textiles à l'état de), James DANTZER [n° 3]	221	Fours électro-sidérurgiques, Léon GUILLET. Conférence [Supplément au n° 3]	432	Gaz (Sur l'analyse industrielle des), G. B. [n° 3]	158
— — [n° 4]	350	Four à induction dans l'industrie du fer et de l'acier [n° 7]	590	Gaz (Canalisations du) à longue distance [n° 2]	118
— — [n° 6]	114	Fours à induction (Frais de production des aciers électriques avec les) [n° 10]	313	Gaz (Chauffage au) des fours de boulangers [n° 2]	118
Filaments métalliques (Distributions pour lampes à) [n° 2]	539	Fours Martin (Chauffage des) avec les gaz des fours à coke [n° 5]	574	Gaz (Sur les) contenus dans les aciers	381
Filaments métalliques (Procédés actuels de préparation des) pour lampes à incandescence, J. ESCARD [n° 10]	526	Fours Martin (Observations sur le fonctionnement des récupérateurs dans les), H. L. [n° 10]	419	Gaz (Sur les) dégagés des parois des tubes de verre, de porcelaine et de silice [n° 5]	320
Filatures (Emploi de l'électricité dans les) [n° 9]	43	Foyer de chaudière (Dispositif fumivore simple pour) à tubes de fumée, L. D. [n° 7]	375	Gaz d'éclairage (La distillation de la boue sèche des eaux d'égout en vue de la fabrication du) [n° 8]	479
Filatures (Ventilation des) de coton du nord de la France, L. BARGERON [n° 1]	103	Foyer intérieur (L'amélioration du rendement des chaudières à) [n° 6]	433	Gaz d'éclairage (Mélange préalable des) avec l'air [n° 2]	117
Filtro-ozonatrice (Station) de Saint-Petersbourg, A. L. [n° 10]	570	Foyers mécaniques (La combustion dans les) [n° 7]	50	Gaz d'éclairage (Détermination rapide du soufre dans le) [n° 8]	478
Fines et poussières (Combustion économique des) [n° 1]	49	Foyer tournant J. Savary [n° 1]	590	Gaz (L'emploi des grandes vitesses de) dans les chaudières [n° 4]	245
Fixage de la plaque au gélatino-bromure d'argent irradiée (Des images révélées physiquement après) [n° 10]	593	Frais de production des aciers électriques avec les fours à induction [n° 10]	432	Gaz de fonderies (Utilisation des) [n° 2]	117
Fleurs d'oranger (L'essence de) [n° 4]	253	Fraiseuses (Rendement des) [n° 7]	509	Gaz de fours à coke (Le chauffage des fours Martin avec les) [n° 5]	313
Flotteurs sur mercure [n° 12]	717	Freins à main (Nouveaux) de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est, J. N. [n° 9]	475	Gaz (Le froid dans l'industrie du) [n° 3]	180
Fluor (Déterioration des chambres de plomb par le) contenu dans les blends, M. R. [n° 11]	634	Freinage des appareils de levage électrique, L. V. B. [n° 8]	389	Gaz (L'emploi le plus convenable des) de hauts fourneaux et de fours à coke dans les aciéries [n° 10]	583
Fluorure de calcium plastique [n° 8]	478	Freinage (Du) des trains de marchandises, J. NETTER [n° 7]	318	Gaz de houille (Récupération de l'ammoniaque des) et purification de ceux-ci par le procédé de Burkheiser, C. [n° 5]	296
Fonctionnement interne des générateurs de vapeur, M. EMANAU [n° 3]	152	Fréquence-mètre indicateur à grande sensibilité et faible consommation [n° 5]	278	Gaz (Mesure industrielle de la densité et des débits de) [n° 4]	245
— — [n° 4]	220	Frigorifique (L'entrepôt général) d'Epina (Seine), E. PACORET [n° 5]	321	Gaz occlus dans les alliages de cuivre [n° 1]	60
— — [n° 6]	355	Frigorifiques (Lois sur les établissements) au Paraguay [n° 5]	241	Gaz pauvre (Stations centrales à), F. DUBAR [n° 2]	98
Fonderie (De l'emploi du manganèse et du silicium dans la) [n° 9]	527	Frigorifique (La machine) à vide Westinghouse-Leblanc, Ch. JACQUIN [n° 4]	325	Gaz surpressé (Essais d'éclairage au), L. V. BOURNAT [n° 3]	181
Fonderie (Etat actuel de la) de deuxième fusion [n° 2]	122	Frigorifiques (Les applications) à bord des navires de guerre, Léon LEFEBVRE [n° 6]	407	Gazogènes (Action de la vapeur d'eau dans les) [n° 10]	592
Fonderie des très grandes pièces, L. R. [n° 4]	239	— — [n° 7]	445	Gazogène (Considérations qui doivent présider au choix d'un) à gaz mixte pour force motrice [n° 12]	713
Fonderies (Utilisation des gaz de) [n° 2]	117	— — [n° 8]	496	Gazogènes (Rendement des) [n° 9]	528
Fontes (L'augmentation du volume des), P. BREUIL [n° 8]	476	— — [n° 9]	545	Gazomètre (L'accident du) de 200 000 m ³ de Hambourg [n° 8]	479
Fonte (Briquetage des copeaux de) et de fer et leur fusion au cubilot [n° 3]	184	— — [n° 10]	51	Gebel Roussas (Le gisement métallifère du), en Egypte [n° 3]	191
Fonte (Fabrication de la), Léon GUILLET. Conférence [Supplément au n° 3]	432	— — [n° 12]	108	Générateurs de vapeur (Fonctionnement interne des), M. EMANAU [n° 3]	152
Fonte brute (Production au four électrique de la) [n° 7]	384	Froid (II ^e Congrès international du) (Vienne, octobre 1910) P. B. [n° 1]	180	— — [n° 4]	220
Fonte de cuivre de haute conductibilité [n° 6]	591	Froid (L'emploi rationnel du) dans les industries chimiques et physiques, A. GUISLIN [n° 2]	243	— — [n° 6]	355
Fonte (Effets du vanadium sur la) [n° 10]	434	— — [n° 3]	387	Générateurs de vapeur (Sur le tirage rationnel des), J. IZART [n° 11]	604
Fonte (Production de la) en France en 1910 [n° 7]	234	Froid (L'industrie du) en République Argentine [n° 6]	419	— — [n° 12]	687
Force électromotrice (Influence de la forme de la courbe de la) sur la durée de vie et la consommation des lampes à incandescence, L. V. B. [n° 4]	581	Froid (La production et les applications industrielles du). L'entrepôt frigorifique, L. MARCHIS. Conférence [Supplément au n° 5]	63	Géologie appliquée au Congrès de Dusseldorf [n° 1]	49
Force motrice (La) à l'Exposition de Turin [n° 10]	527	Fuchsines (Procédé de préparation des) et autres colorants de la même classe [n° 11]	652	Gisement métallifère du Gebel Roussas (Egypte) [n° 3]	191
Force motrice dans les mines [n° 9]	575	Fumées et fumivorté [n° 11]	651	Gisements de plomb et de zinc du département de Constantine, F. ROBIN [n° 10]	595
Forêts (Les) de la France et leur production, P. B. [n° 1]	250	Fumée (De la) des locomotives dans Chicago [n° 6]	381	— — [n° 11]	658
Forgeage mécanique (Le), André VIDAL [n° 10]	488	Fumées (La prévention industrielle des), V. [n° 12]	711	Gisements de sheelite [n° 12]	723
Formaldéhyde (Nouveau mode de préparation de la) [n° 4]	592	Fumées (La suppression des) [n° 11]	654	Glace artificielle (Emploi de l'électricité dans les fabriques de) [n° 8]	475
Formule (Nouvelle) des salaires et application au cas de l'entretien des voies de chemins de fer, L. POTIN [n° 9]	118	Fumée (Suppression de la) des fours et chaudières [n° 3]	192	Glace (Les machines à) récentes [n° 12]	713
Fosse n° 15 (La) de la Société des mines de Lens [n° 10]	419	Fumivore (Dispositif simple pour foyer de chaudière à tubes de fumée, L. D. [n° 7]	419	Glissement (Méthode graphique et rapide de mesure du) des moteurs d'induction [n° 2]	120
Fours de boulangers (Chauffage au gaz des) [n° 2]	419			Glycérine, L. OTTENDAH [n° 5]	287

	Pages.		Pages.		Pages.
Goudron de houille (Sur le chauffage au [n° 2].)	118	Houille (La) blanche [n° 5].	258	Indicateur de niveau dans les chaudières à vapeur, système Lvovitch-Kostritsa, A. L. [n° 8].	472
Goudron de houille (L'industrie du), J. et V. [n° 1].	27	Huiles (Action des) sur les fers et aciers, [n° 8].	477	Indigo (Mordançage des colorants de cuve sur l') et les couleurs de l'alizarine [n° 3].	188
— — [n° 2].	85	Huile (Additions d') au ciment Portland [n° 11].	652	Indigo (Rongéage de l') par les hydrosulfites, E. G. [n° 12].	697
— — [n° 3].	155	Huiles (Essai des) pour transformateurs, E. SOUPY [n° 1].	56	Indo-Chine (Statistique minière de l'), [n° 12].	723
— — [n° 4].	227	Huiles de crésote [n° 5].	315	Industrie chimique (Emploi de la spectroscopie dans l'), Eug. GRANDMOUGIN [n° 8].	457
— — [n° 6].	357	Huiles essentielles (Sur les) : l'essence d'eucalyptus en métallurgie ; falsification des essences : variations de prix [n° 12].	717	Industrie électrique (L') en Italie en 1909 [n° 3].	194
Goudronnage des routes, G. et V. [n° 2].	85	Huiles essentielles (Notes sur les) : l'essence de fleur d'orange [n° 4].	253	Industrie électrique (L') au Japon [n° 4].	259
Goudronnage (Effets du) des routes sur la végétation [n° 1].	60	Huiles dites d'olives [n° 4].	251	Industrie électrique (L') en Suède [n° 5].	323
Goudronnage des routes (Reproduction expérimentale des effets du) sur la végétation avoisinante [n° 12].	718	Huiles provenant de la distillation du goudron de houille, G. et V. [n° 6].	358, 359	Industrie du fer en Russie (Statistique de l') en 1909 [n° 3].	194
Graissage constant automatique Galet de trolley à, A. L. [n° 2].	100	Humidification (La chaleur et l') dans le travail des textiles [n° 2].	121	Industrie frigorifique en République Argentine [n° 6].	387
Graphite (Transformation du carbone en [n° 12].)	719	Humidité (L') dans les constructions et procédés pour y remédier [n° 6].	381	Industrie (L') du goudron de houille, G. et V. [n° 1].	27
Grippe (Evaporation par) et ses applications [n° 5].	320	Hydrate aluminique (Précipitation granulaire de l') [n° 5].	315	— — [n° 2].	85
Groupes électrogènes automobiles et projecteurs électriques, A. ROUSSEL [n° 4].	218	Hydrates de carbone (Dégradation biologique des [n° 2].)	119	— — [n° 3].	155
— — [n° 5].	270	Hydraulique (Ascenseur) pour les bateaux, F. DUBAR [n° 12].	701	— — [n° 4].	225
Groupe électrogène (Du choix d'un) à pétrole [n° 7].	426	Hydrocarbures (Emmagasinage et vente des) [n° 4].	257	Industrie (L') de la savonnerie, E. BOXTOUX [n° 1].	31
Groupes électrogènes (Régulation des, L. BARBILLON [n° 9].)	485	Hydro électriques (Installations du Somport, L. D. F. [n° 6].)	329	— — [n° 3].	161
— — [n° 10].	536	Hydroélectriques (Stations) fonctionnant sans surveillance [n° 3].	183	— — [n° 5].	291
— — [n° 12].	674	Hydrogène (La fabrication de l') pour le gonflement des ballons en Allemagne [n° 4].	252	— — [n° 7].	413
Grues de la base navale du Cap de Bonne-Espérance [n° 8].	470	Hydrosulfites (Sur les [n° 6].)	378	— — [n° 8].	462
Grues des chantiers et ateliers de Saint-Nazaire, P. B. [n° 6].	364	Hydrosulfites (Le rongéage de l'indigo par les), E. G. [n° 12].	697	— — [n° 9].	507
Grues électriques d'aciéries [n° 12].	719	Hydrotélégraphie (Application de la syntonie acoustique et électrique à l') [n° 9].	525	Industrie (L') dans le Turkestan, A. LÉVINE [n° 10].	595
Grues électriques du port d'Anvers, M. [n° 11].	634	Hygiène dans l'industrie de la coupe de poils [n° 10].	594	Infection charbonneuse (Mesures d'hygiène contre l') [n° 2].	126
Grues (Équipement des) de chargement et déchargement [n° 3].	191	Hygiène (Mesures d') contre l'infection charbonneuse [n° 2].	126	Inflammabilité du celluloïd [n° 6].	379
Grues (Faut-il employer le courant continu ou le courant alternatif pour la commande des?) L. V. B. [n° 9].	521	Hygiène et sécurité des travailleurs, décret du 2 juin 1911 [n° 9].	530	Inflammabilité (Etude comparative des poussières au point de vue de l') [n° 4].	256
Guano (Le) et son commerce, Paul BARRÉ [n° 8].	482	Hyposulfite de soude (Développement d'une image radiographique après fixage par l') et lavage prolongé de la plaque sensible irradiée [n° 9].	529	Ingenieur commercial (L') et son éducation [n° 3].	193
— — [n° 9].	530	Hystérésis dans les champs alternatifs dissymétriques [n° 10].	590	Inondations (Crues et), G. DARRÈS [n° 4].	197
— — [n° 10].	594	Hystérésis (Les pertes par), L. V. B. [n° 2].	102	Inondation (L') de janvier 1910 et le matériel électrique [n° 2].	120
Gyroscope (Application du) à la prise des vues cinématographiques [n° 2].	124			Insecticides (Liquides) [n° 2].	119
Gyroscope (Sur l'emploi du) dans la marine [n° 5].	319			Insecticides (Emploi des saponines pour la préparation des émulsions) et des liqueurs des traitements insecticides et anti-criptogamiques [n° 7].	429
Gyroscopes (Sur la stabilisation des aéroplanes au moyen de) [n° 4].	252			Installations à courant triphasé (La prise de terre dans les), L. V. B. [n° 1].	41
				Installations électriques des aciéries de l'Eicher-Huttenverein, Le Gallais-Metz, M. [n° 9].	513
H		I		Installations électriques (Développement des) de Brighton (Angleterre) [n° 10].	588
Haubans (Appareil de mesure des tensions des) des aéroplanes, F. LARGIER [n° 5].	272	Images révélées physiquement après fixage de la plaque au gélatino-bromure d'argent irradiée [n° 10].	593	Installations électriques (Les) du chemin de fer souterrain du Nord-Sud, G. DROMEL [n° 6].	341
Haute fréquence (Pertes d'énergie dans les condensateurs traversés par des courants de) [n° 3].	190	Immersion automatique des soutes à poudre B, J. DE LASTOURS [n° 12].	704	— — [n° 7].	404
Haute fréquence (Nouveau procédé de désélectrisation des matières textiles au moyen de courants électriques de) [n° 5].	318	Imperméabilisation des bétons, L. V. B. [n° 7].	415	Installations électriques (L'emploi des moteurs Diesel dans les) [n° 9].	525
Haute fréquence (Résistance offerte par un conducteur aux courants de) [n° 8].	480	Impression (Crépon par) de soude caustique sur noir uni [n° 8].	479	Installations électriques (Protection des) dans les mines au moyen du détecteur Winkey [n° 6].	384
Hauteur (Calcul de la) atteinte par un aéroplane, L. POTIN [n° 2].	96	Impression (Effets de tissage obtenus par) [n° 9].	524	Installations électriques (La protection des réseaux et) contre les surtensions, G. CAPART [n° 10].	533
Hauts fourneaux (Les) français en 1911 [n° 5].	322	Impression (Nouvelle méthode d') des couleurs au soufre [n° 8].	479	— — [n° 11].	610
Hauts fourneaux (Dessiccation de l'air des) par le chlorure de calcium, P. BREUIL [n° 6].	377	Impressions (Procédés de teintures et d'), J. [n° 6].	374	— — [n° 12].	668
Hauts fourneaux (L'emploi le plus convenable des gaz de) et de fours à coke dans les aciéries [n° 10].	583	— — [n° 8].	472	Institution des Naval architects : Compte rendu technique du Congrès tenu à Londres à l'occasion du cinquantième de l'Institution, A. MARBEC [n° 10].	544
Havéuse à barre, système Pick-Quick, M. [n° 2].	106	Impuretés (Influence des) de l'oxygène sur les effets du chalumeau [n° 9].	523	— — [n° 11].	619
Havéuses électriques dans la Nouvelle-Galles du Sud, P. [n° 5].	308	Incandescence (Eclairage à) réalisant une économie très notable sur les lampes à filament de charbon [n° 9].	525	Interférences (Les) en radiotélégraphie [n° 10].	589
Helice (Relation entre la poussée de l') en marche et au point fixe [n° 2].	118	Incandescence (Développement récent de la fabrication des lampes à) [n° 12].	720	Interrupteurs à haute et basse tension (Recherches sur les) [n° 5].	317
Helices transportables [n° 9].	519	Incandescence (Procédés actuels de préparation des filaments métalliques pour lampes à), J. ESCARD [n° 10].	539	Interrupteurs à huile (Essais sur le fonctionnement des) [n° 9].	525
Heure (La nouvelle) légale en France [n° 4].	257	Incandescence et accidents dans les mines, J. GARCON [n° 7].	428	Interrupteur pour la production des courants alternatifs, système Cohen, M. [n° 8].	465
Hexaméthylènetétramine (La désulfuration des vins par l') [n° 3].	188	Indicateur dynamométrique (Mouvement réducteur pour l'application de l') aux moteurs à gaz [n° 4].	245	Irrégularités du potentiel disruptif [n° 8].	480
Hollande (La houille en), Paul BARRÉ [n° 4].	257	Indicateur enregistreur les pressions exercées dans les poinçonneuses [n° 3].	190	Isolants (Les) dans les champs alternatifs de haute fréquence, L. V. B. [n° 5].	259
Hollande (Législation des brevets d'invention en) [n° 5].	321				
Houille (Formation de la) [n° 1].	49				
Houille (La) en Hollande, Paul BARRÉ [n° 4].	257				

	Pages.		Pages.		Pages.
Isolants (Destruction des par ozonisation [n° 3])	190	Lampes à incandescence (Procédés actuels de préparation des filaments métalliques pour), J. ESCARD [n° 10]	539	Locomotive Pacific à quatre cylindres à admission directe et à surchauffe, L. F. [n° 12]	683
Isolants frigorifiques, P. B. [n° 1]	51	Lampes à incandescence (Sur les rayons cathodiques produits à l'intérieur des) [n° 10]	589	Locomotives (Emploi des turbines à vapeur sur les), F. D. [n° 5]	294
Isolateurs de porcelaine (Influence de la température sur la résistance diélectrique des), L. V. B. [n° 7]	416	Lampes à incandescence (Rendement des) [n° 6]	380	Locomotives (De la répétition sur les) des signaux de la voie, J. NETTER [n° 2]	65
Italie (L'industrie électrique en) en 1909 [n° 3]	194	Lampes métalliques (Oscillations provoquées par des dans un circuit à courant alternatif [n° 3])	190	— — [n° 3]	142
J		Lampes en quartz à vapeur de mercure (Diminution progressive du rendement en ultra-violet des) [n° 10]	592	— — [n° 4]	208
Japon (L'industrie électrique au) [n° 4]	259	Lampes à vapeur de mercure en quartz (Influence de diverses conditions physiques sur le rayonnement ultra-violet des) [n° 11]	657	Locomotives (Résultats obtenus avec les nouvelles) à marchandises à 4 cylindres égaux et à surchauffe, système Flamme, des chemins de fer de l'Etat belge, J. B. F. [n° 1]	38
Jaugeage (La titration des chlorures appliquée au des débits de turbines, P. B. [n° 6])	369	Lavage des gaz (Fumivité par) [n° 11]	651	Locomotive (Traction électrique par courant alternatif monophasé transformé en courant continu sur la), F. D. [n° 10]	568
Jetées de la base navale du Cap de Bonne-Espérance, P. L. [n° 8]	468	Législation sur les brevets d'invention en Hollande [n° 5]	321	Locomotive à vapeur à très grandes vitesses [n° 1]	37
Joint de dilatation pour conduites [n° 7]	425	Levage (Les appareils de) à aimants en métallurgie [n° 2]	115	Locomotives à vapeur surchauffée (Résultats obtenus par l'emploi des), F. D. [n° 7]	414
Joints pour presses hydrauliques [n° 1]	53	Levage (Les appareils de) et de manutention, E. PACORET (Bibliothèque de <i>La Technique Moderne</i> , fasc. IV)		Locomotives (Les derniers types de) à l'Exposition de Turin de 1911, L. F. [n° 12]	683
Jus (Rendement en) des presseoirs [n° 2]	119	Levage (Le freinage des appareils de) électrique, L. V. B. [n° 8]	475	Loi de comparaison de Froude appliquée aux navires aériens [n° 3]	187
Jute (Densité des fils de), J. DANTZER [n° 4]	222	Levage (Electro-aimant de) [n° 12]	715	Loi sur les établissements frigorifiques du Paraguay [n° 5]	321
K		Levure de bière (Recherches sur le suc de la) [n° 7]	430	Loire maritime (La région de la, son développement, son utilisation, son avenir [n° 9])	529
Krypton Méthode spectrophotométrique du dosage du) [n° 5]	320	Lignes aériennes (L'action du vent sur les) [n° 3]	188	Longitudes (Le problème des) en mer, Lieutenant de vaisseau Tissot. Conférence [<i>Supplément</i> au n° 1]. V.	
L		Lignes aériennes (trolley) [n° 5]	293	Lumière (Corps émettant de la) pendant un certain temps après avoir été broyés ou frottés [n° 9]	525
Laboratoire national de physique de Teddington [n° 11]	619	Lignes électriques (L'installation des) dans les pays exposés aux mouvements sismiques [n° 6]	380	Lumière ultra-violette (Décomposition par la) [n° 2]	119
Labourage (Le) à la dynamite [n° 10]	585	Lignes électriques (Oscillations sur les) [n° 10]	588	Lunette de pointage pour pièces marines [n° 2]	123
Labourage électrique (Le), P. [n° 2]	101	Lignes d'énergie (Moyen de supprimer les troubles causés aux lignes télégraphiques par les) [n° 8]	479	Lutte (La) pour la possession de l'eau [n° 2]	119
Lactate stannique (Enlèvement blanc au) sur mordant de chrome destiné à la teinture [n° 8]	479	Lignes téléphoniques (Mesure directe de l'affaiblissement et de la caractéristique des) [n° 7]	431		
Laine (Densité des fils de), J. DANTZER [n° 4]	222	Lignes de transmission à très haute tension [n° 4]	254	M	
Laine (Procédé permettant d'augmenter l'affinité de la) pour les colorants [n° 6]	374	Lignes de transmission de l'électricité [n° 7]	430	Macadam (Extraction de la pierre destinée au), Paul LÉVY-SALVADOR [n° 1]	14
Laine Procédé pour donner à la) de la solidité et du brillant [n° 6]	374	Ligne (Construction d'une) de transport d'énergie électrique dans la traversée de la commune de Montdragon (Tarn), Joseph LATOUR [n° 8]	440	Machines (Les) au Concours général agricole de Paris 1911, H. PILLAUD [n° 5]	283
Lait végétal (Le) [n° 5]	315	Lignes (Transports d'énergie électrique : Construction des) au moyen de supports flexibles en fer laminé, G. DÉTHIOLLAZ [n° 2]	80	Machines (Principes généraux de l'organisation systématique des) et des usines, E. BELOT [n° 10]	517
Laiterie (Epuraison des eaux résiduaires de) [n° 5]	319	Limites économiques des transmissions d'énergie [n° 10]	588	Machines à détartre les tubes d'économiseurs [n° 5]	311
Laiton (Alliages de bronze et de) pour pièces mécaniques [n° 2]	112	Lin (Densité des fils de), J. DANTZER [n° 4]	222	Machines à échappement central [n° 5]	310
Laiton (Corrosion du) [n° 11]	657	Liquides insecticides [n° 2]	119	Machines électriques à axe vertical [n° 4]	241
Laminage (L'élargissement des métaux pendant le), M. PICARD [n° 4]	237	Littérature technique (Production de la) en 1910 [n° 6]	387	Machine électrique (Nouvelle) pour l'essai des matériaux, L. V. B. [n° 12]	700
— — [n° 5]	306	Locomotives à air comprimé (La traction souterraine par) [n° 7]	433	Machine électrostatique (Sur une grande) [n° 9]	525
— — [n° 6]	372	Locomotives américaines modernes (Les), M. LALLÉ [n° 4]	259	Machine à emballer automatique, P. B. [n° 7]	419
Laminage des fers en [n° 4]	239	— — [n° 5]	323	Machines à équilibrer, R. FILLOCHE et Georges LÉVY [n° 4]	16
Laminaires (La commande électrique des petits) [n° 8]	480	— — [n° 6]	387	Machine pour l'essai des coussinets au frottement [n° 1]	16
Laminaires (Moteur polyphasé à montage en cascade pour la commande des) [n° 12]	719	— — [n° 7]	435	Machines d'extraction (Application des moteurs à induction à l'actionnement des) [n° 8]	480
Laminoin continu (Nouveau), [n° 5]	312	Locomotives (Essais de traction électrique par) équipées avec moteurs à courant monophasé sur le réseau des chemins de fer du Midi, F. D. [n° 8]	463	Machines d'extraction (La direction des : moteurs de laminoirs et de centrales à courants triphasés, L. D. [n° 5])	207
Laminaires (Moteurs de) et de centrales à courants triphasés, L. D. [n° 5]	297	Locomotive électrique pour train de marchandises de la ligne Dessau-Bitterfeld (Etat prussien), F. D. [n° 11]	630	Machines d'extraction dans les mines (Doit-on électrifier les?) [n° 2]	114
Laminoin à plaques de blindages commandé électriquement [n° 9]	521	Locomotive électrique pour train rapide de la ligne Dessau-Bitterfeld (Etat prussien), M. [n° 11]	630	Machines frigorifiques, P. B. [n° 1]	51
Laminaires (Tournage automatique des cylindres de) et de toute pièce cylindrique en général, Capitaine P. GORGEU [n° 7]	394	Locomotive électrique à turbine, L. D. [n° 4]	230	Machines frigorifiques, L. MARCHIS. Conférence [<i>Supplément</i> au n° 5]	
Lampes à arc (Fabrication des crayons des), M. [n° 11]	636	Locomotives électriques d'usines et de mines [n° 6]	377	Machines frigorifiques à bord des navires, Léon LEFEBVRE [n° 9]	498
Lampe à arc (Nouveau type de) à cathode de mercure et à la lumière blanche [n° 4]	254	Locomotive (Nouvelle) Mallet du Canadian Pacific Railway, F. D. [n° 6]	361	Machine frigorifique à vide Westinghouse-Leblanc, Ch. JACQUIN [n° 4]	241
Lampe à arc-flamme (L'éclairage électrique par) [n° 4]	254			Machines à glace récentes [n° 12]	713
Lampes à filament de charbon (Eclairage à incandescence réalisant une économie très notable sur les) [n° 9]	525				
Lampes à filament métallique [n° 6]	380				
Lampes (Distribution pour) à filaments métalliques [n° 2]	114				
Lampes à incandescence (Influence de la forme de la courbe de la force électromotrice sur la durée de vie et la consommation des), L. V. B. [n° 4]	234				
Lampes à incandescence (Développement récent de la fabrication des) [n° 12]	720				

	Pages.		Pages.		Pages.
Machines de haut voltage (Action chimique exercée sur les enroulements des) [n° 5]	316	Mercuré (Flotteurs sur) [n° 12].	717	Mines (Congrès international des, de la métallurgie, de la mécanique et de la géologie appliquée, tenu à Dusseldorf (juin 1910), L. DESCROIX [n° 1].	47
Machines marines (Arrêt des) [n° 2].	121	Mesure absolue des courants de grande intensité [n° 2].	120	Mines (L'électricité dans les) au Mexique [n° 7].	434
Machine mi-fixe compound, système R. Wolff, M. [n° 9].	516	Mesures aérodynamiques (Expériences faites au moyen de l'installation de) de l'établissement d'aviation de Vincennes [n° 6].	380	Mines (Force motrice dans les) [n° 9].	527
Machines-outils (Les paliers à billes dans la construction des) [n° 2].	112	Mesure des champs magnétiques en valeur absolue [n° 10].	590	Mines de houille (Présence de l'oxyde de carbone dans l'atmosphère des) [n° 2].	122
Machines à pistons et turbines combinées, M. D. [n° 5].	274	Mesure (Nouveaux appareils de) pour courants alternatifs [n° 4].	254	Mines (Incendies et accidents dans les) [n° 7].	428
Machines semi-fixes (Les progrès des), J. IZART [n° 8].	473	Mesure (Sur une méthode de) du degré de viciation d'une atmosphère confinée [n° 10].	588	Mines de Lens (L'énergie électrique aux) [n° 2].	123
Machine à sonder (Sur une nouvelle) [n° 11].	634	Mesure directe de l'affaiblissement et de la caractéristique des lignes téléphoniques [n° 7].	431	Mines de Lens (La fosse n° 15 de la Société des) [n° 10].	592
Machines à traire, H. PILLAUD [n° 5].	286	Mesure graphique et rapide (Appareil pour la du coefficient de glissement des moteurs d'induction, système Andrault, L. V. B. [n° 8].	465	Mines (Emploi des pompes centrifuges dans les) [n° 7].	432
Machines à vapeur (L'état actuel de la construction des) [n° 11].	654	Mesure des hautes températures (Derniers progrès dans la) [n° 10].	592	Mines (Production des) des Etats-Unis en 1910 [n° 10].	595
Machine à vapeur à distribution par le piston [n° 11].	654	Mesure industrielle de la densité et des débits de gaz [n° 4].	721	Mines (Protection des installations électriques dans les) au moyen du détecteur Winhey [n° 6].	381
Machines à vapeur (Méthode d'essais comparées des) et des moteurs à gaz [n° 6].	381	Mesure (Méthode graphique et rapide de) du glissement des moteurs d'induction [n° 2].	120	Mines (Redevances des concessionnaires de) [n° 3].	194
Machines à vapeur surchauffée Production économique de la puissance motrice par l'emploi de) placées sur la chaudière même [n° 12].	721	Mesure des intensités des diverses radiations d'un rayonnement complexe [n° 9].	529	Mines (Statistique des) de l'Indo-Chine en 1910 [n° 12].	723
Machine à vapeur tandem à soupapes de 1000 chevaux, système Bollinckx, M. [n° 5].	302	Mesure des longueurs d'ondes hertziennes [n° 4].	255	Mines de l'Ontario [n° 12].	721
Machines à vapeur pour la propulsion des navires, M. D. [n° 12].	677	Mesure des quantités infinitésimales, J. GARGON [n° 8].	477	Mines (Statistique des) de Tunisie en 1909 [n° 4].	259
Maçonnage des chaudières à vapeur en béton armé [n° 2].	118	Mesure (Appareils de) des tensions des haubans des aéroplanes, F. LARGIER [n° 5].	272	Mines (Ventilateurs de) [n° 8].	480
Main-d'œuvre rurale (La) [n° 1].	59	Métallurgie (La) au Chili [n° 10].	591	Minerais (Préparation des), L. DESCROIX [n° 1].	48
Maison moulée (La) de Sanipoort, Paul BARRÉ [n° 10].	579	Métallurgie (Congrès international des mines, de la, de la mécanique et de la géologie appliquée, tenu à Dusseldorf (juin 1910), L. DESCROIX [n° 1].	47	Minerais (Production des) en France en 1910 [n° 8].	483
Malt (Séchage du) [n° 12].	719	Métallurgie (Progress de la), du cuivre, du plomb et de l'argent en France [n° 2].	122	Minerais de fer (Réduction directe du) au four électrique [n° 7].	421
Manchons à incandescence (Essais des) [n° 3].	187	Métallurgies (Les progrès des) autres que la sidérurgie et leur état actuel en France [n° 6].	382	Minerais de fer (Ressources mondiales en), P. B. [n° 6].	386
Mandrinage des brides [n° 4].	245	Métaux soumis à l'extension (Sur le mécanisme de la déformation permanente dans les) [n° 10].	591	Minerais de zinc (Le traitement des) au four électrique [n° 6].	383
Manganèse (De l'emploi du) et du silicium dans la fonderie [n° 9].	527	Métaux alcalins (Température d'attaque de l'eau par les) [n° 5].	316	Mise à la terre du point neutre [n° 5].	312
Manganèse (Influence du) sur les propriétés de l'acier doux [n° 4].	249	Métaux (La corrosion des) [n° 6].	377	Moellons artificiels (Fabrication des), L. D. F. [n° 6].	332
Manivelle de sûreté pour appareils de levage et moteurs à explosion [n° 12].	720	Métaux coulés (Fabrication de) pour pressions élevées [n° 2].	116	Molybdène (Emploi du calcium et du) pour augmenter la résistance des fils de cuivre [n° 9].	527
Manufacture (Résultats de la réorganisation d'une) canadienne d'armes à feu, L. D. [n° 2].	423	Métaux (L'élargissement des) pendant le laminage, M. PICARD [n° 4].	237	Monophasée (Résultats obtenus avec la traction) [n° 4].	247
Manutention (Les appareils de levage et de), E. PACORET [Bibliothèque de <i>La Technique Moderne</i> , fasc. IV].	423	— [n° 5].	306	Monopole (Le) de l'Etat pour les téléphones [n° 5].	319
Manutention mécanique du combustible dans les grands dépôts de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, F. D. [n° 11].	631	— [n° 6].	372	Mordantage des colorants de cuve sur l'indigo et les colorants de l'alizarine [n° 3].	188
Margarines (Empoisonnements dus à l'emploi de beurres végétaux et de) [n° 4].	251	Métaux (Essai des) par l'étude de l'amortissement des mouvements vibratoires [n° 2].	122	Mordant de chrome (Enlèvement blanc au lactate stannique sur) destiné à la teinture [n° 8].	479
Marines militaires (Les) de grandes puissances en 1911 [n° 7].	435	Métaux (Nouvelle méthode pour déterminer exactement le point de fusion des) [n° 5].	307	Mortiers mal composés (Conséquences de l'usage des) [n° 10].	586
Marteaux (Essais des) perforateurs pneumatiques exécutés dans les mines de pyrite de Saint-Bel, C. [n° 3].	179	Métaux (Contribution à l'étude des traitements thermiques des), M. A. [n° 8].	437	Moteurs agricoles au concours agricole de 1911, H. PILLAUD [n° 5].	285
Marteaux pneumatiques (La distribution et les mouvements secondaires dans les perforatrices et), L. CRUSSARD [n° 6].	346	— [n° 9].	492	Moteurs d'automobiles, G. LUMET [n° 1].	35
— [n° 7].	410	— [n° 10].	560	Moteurs d'automobiles et d'aviation, moteurs industriels et marins, L. LETOMBE. Conférence [Supplément au n° 2].	95
— [n° 8].	452	Métaux (Des procédés à employer pour colorer les), A. VIDAL [n° 11].	641	Moteurs d'automobile (Calcul des pistons pour), C. LONGUE [n° 3].	167
Matériaux (Nouvelle machine électrique pour l'essai des), L. V. B. [n° 12].	700	Métaux (Production des) des Etats-Unis en 1910 [n° 10].	708	Moteurs d'automobiles (La puissance des), C. LONGUE [n° 2].	95
Matériel électrique (Etuves destinées au) [n° 5].	311	Métaux (Production des) autres que le fer en France [n° 9].	595	Moteurs d'aviation (Considérations sur les), L. LETOMBE [n° 6].	334
Matériel électrique pour nettoyer et planer les parquets [n° 3].	183	Métiers à filer continus (Nouveaux moteurs électriques spéciaux pour la commande des), J.-A. MONTPELLIER [n° 3].	174	— [n° 7].	400
Mathématiques (Renforcement au point de vue des études de l'ingénieur, FLAMACHE [n° 2].	125	Métiers à filer (Commande électrique des) [n° 7].	425	Moteurs à double collecteur pour connexion sur réseau triphasé [n° 12].	714
Mécanique agricole (Congrès de) à Paris en 1911 [n° 1].	63	Moulage (Le) [n° 1].	55	Moteurs à combustibles liquides (Les), L. LETOMBE. Conférence [Supplément au n° 2].	319
Mécanique (Congrès international des mines, de la métallurgie, de la) et de la géologie appliquée, tenu à Dusseldorf (juin 1910), L. DESCROIX [n° 1].	47	Meunerie (Congrès de la) de 1910 à Paris [n° 1].	63	Moteurs à combustion interne (Les) et en particulier les moteurs Diesel [n° 5].	47
Meeting (Le) de mai 1911 de l'Iron and Steel Institute [n° 7].	427	Microbes (Résistance opposée au passage des) par les bougies filtrantes à revêtement de collodion [n° 5].	319	Moteurs (Les) au Congrès de Dusseldorf, L. DESCROIX [n° 1].	719
Mélanges d'air et de gaz (Explosibilité des) [n° 11].	652	Mines (Accidents dus à l'exploitation électrique des) en Prusse, L. V. B. [n° 4].	240	Moteurs à courant alternatif pour les aciéries [n° 12].	653
Mélange probable des gaz d'éclairage avec l'air [n° 2].	117	Mines anglaises (Accidents dus à l'électricité dans les) [n° 6].	381	Moteurs à courant continu (Contrôle automatique pour) [n° 11].	121
Mélanges réfrigérants [n° 2].	123	Mines de Carvin (Les automotrices benzométriques dans l'exploitation des), A. G. [n° 11].	613	Moteurs à courant monphasé (Essais de traction électrique pour locomotives équipées avec) sur le réseau des chemins de fer du Midi, F. D. [n° 8].	463
Ménisques brillants (Sur les) observés sur la table de roulement de certains rails, L. POTIN [n° 6].	344	Mines de combustibles (Règlement sur l'exploitation des) [n° 11].	658	Moteurs désaxés (Sur les) [n° 2].	319
				Moteur Diesel (Le) [n° 5].	655

Pages.		Pages.		Pages.		
	Photomètre pratique pour le contrôle du pouvoir lumineux des becs servant à l'éclairage public ou privé [n° 8].	481	Poudre B (Note sur l'immersion automatique des soutes à, J. DE LASTOURS [n° 12].	704	Propulsion des navires de combat, M. D. [n° 3].	133
	Phototypie [n° 6].	379	Poudre B (Comment on peut perfectionner la), J. DELPECH [n° 12].	693	— [n° 12].	677
	Pièces marines (Lunette de pointage pour) [n° 2].	123	Poudres B (Réfrigération et ventilation des soutes à) des navires de guerre, LÉON LEFEBVRE [n° 6].	325	Propulsion des bâtiments de combat : Machines à pistons et turbines combinées, M. D. [n° 5].	274
	Pierres artificielles (Constructions en), J. GARÇON [n° 6].	379	— — [n° 7].	407	Propulsion des navires (Le pétrole et le charbon dans la) [n° 7].	434
	Piles à antimoine et sélénium-antimoine [n° 1].	59	— — [n° 8].	445	Propulsion des navires (Applications de la transmission électrique à la) [n° 7].	432
	Pistons (Calcul des) pour moteur d'automobile, C. LONGUE [n° 3].	167	— — [n° 9].	496	Protection pour câbles à haute tension (Nouveau système de), L. V. B. [n° 10].	570
	Pistons (Etablissement des) de presses hydrauliques [n° 2].	111	— — [n° 10].	545	Protection du ciment pour le fer [n° 8].	478
	Plaque au gélatino-bromure d'argent irradiée (Des images révélées physiquement après fixage de la) [n° 10].	593	— — [n° 12].	680	Protection des installations électriques dans les mines au moyen du détecteur Winhey [n° 6].	384
	Plaque sensible irradiée (Développement physique d'une image radiographique après fixage par l'hyposulfite de soude et lavage prolongé de la) [n° 9].	529	Poussée (Relation entre la) de l'hélice en marche et au point fixe [n° 2].	118	Protection (Dispositifs de) pour les appareils électriques [n° 5].	317
	Platinage des métaux [n° 2].	117	Poussières (Combustion économique des fines et) [n° 1].	49	Protection des disques, talus et côtes par des revêtements en béton armé [n° 4].	256
	Plomb (Action de l'eau de Seltz sur le) [n° 11].	654	Poussières (Etude comparative des) au point de vue de l'inflammabilité [n° 4].	256	Protection des réseaux aériens de faible étendue contre les surtensions d'origine atmosphérique [n° 2].	113
	Plomb (Progrès de la métallurgie du) [n° 2].	122	Poussières (Précipitation des) dans les industries chimiques [n° 11].	651	Protection des réseaux à haute tension contre les surtensions, G. FERROUX [n° 3].	147
	Plomb (Les progrès de la métallurgie du) en France [n° 6].	382	Poussières (Les premières expériences anglaises sur la question des), E. F. [n° 5].	307	Protection des réseaux et installations électriques contre les surtensions, G. CAPART [n° 10].	533
	Plomb (Gisements de) et de zinc du département de Constantine, F. ROBIN [n° 10].	595	Poutre à treillis en béton armé, système Visintini, F. D. [n° 4].	244	— — [n° 11].	610
	— — [n° 11].	658	Pouvoir calorifique des gaz [n° 9].	520	— — [n° 12].	668
	Poids du carat (Modification du) [n° 3].	194	Pouvoir lumineux (Photomètre pratique pour le contrôle du des becs servant à l'éclairage public ou privé) [n° 8].	481	Puissance (La) des moteurs d'automobiles, C. LONGUE [n° 2].	95
	Poil de chameau (Densités des fils en) par rapport à leurs diamètres, J. DANTZER [n° 6].	351	Précipitation granulaire de l'hydrate aluminique [n° 5].	315	Puissance motrice (Production économique de la) par l'emploi de machines à vapeur surchauffée placées sur la chaudière même [n° 12].	721
	Poinçonneuses (Indicateur enregistrant les pressions exercées dans les) [n° 3].	190	Précipitation des poussières dans les industries chimiques [n° 11].	651	Puits (Le creusement des) par congélation en Campine, A. BREYER [n° 11].	614
	Point neutre (Mise à la terre du) [n° 5].	312	Presses à forger, A. VIDAL [n° 10].	575	Puits ordinaires (Théorie des) dans les terrains perméables en petit [n° 5].	320
	Pointage (Lunette de) pour pièces marines [n° 2].	123	Presses hydrauliques (Etablissement des pistons de) [n° 2].	111	Purification de l'amidon [n° 2].	119
	Pôles additionnels pour transformateurs, L. V. B. [n° 12].	698	Presses hydrauliques (Jointes pour) [n° 1].	53	Purification des eaux à Washington [n° 2].	119
	Polyphasés (Sur la construction des moteurs d'induction), L. V. B. [n° 10].	583	Presse pneumatique pour le débridage des ressorts à lames, E. F. [n° 7].	418	Pyréén (L'électrification du réseau) de la Compagnie de chemins de fer du Midi, J.-A. MONTELLIER [n° 1].	5
	Polyphasés (Moteurs) à collecteur pour la régulation des moteurs triphasés, L. V. B. [n° 10].	583	Pressions élevées (Fabrication de métaux coulés pour) [n° 2].	116	Pyrométrie industrielle [n° 2].	123
	Polyphasé (Moteur) à montage en cascade pour la commande des laminoirs [n° 12].	719	Pression des gaz (Deux formes très simples de régulateurs de) [n° 11].	655		
	Polyphasés (Moteurs) et réseaux monophasés, L. V. B. [n° 9].	520	Pressions (Indicateur enregistrant les) exercées dans les poinçonneuses [n° 3].	190		
	Pompes centrifuges (Emploi des) dans les mines [n° 7].	432	Pression sur les tubes [n° 4].	255		
	Pompe à explosion de Humphrey, J. IZART [n° 10].	582	Pression de la vapeur d'eau saturée (Formule donnant la) en fonction de sa température [n° 8].	481		
	Pont des Arches, à Liège (L'élargissement du), H. P. [n° 9].	490	Pressoirs (Rendement des jus des) [n° 2].	119		
	Pont flottant (Construction d'un) sur la Corne d'Or, à Constantinople, A. AURIC [n° 3].	136	Prévention des explosions minières : Le bourrage extérieur en matières inflammables [n° 12].	721		
	Pont (Le) de La Cassagne [n° 1].	60	Prévention (La) industrielle des fumées, V. [n° 12].	711		
	Pont (Nouveau) de la Clyde, à Glasgow [n° 2].	124	Prise des ciments (Sur la) [n° 9].	523		
	Pont roulant muni d'un équipement électrique Bergmann, M. [n° 1].	41	Prise de terre dans les installations à courant triphasé, L. V. B. [n° 1].	41		
	Ponts-roulants (Tampon de choc pour), L. D. [n° 4].	236	Prix (Série de) types pour un réseau de chemins de fer, A. PICHOT [n° 11].	631		
	Pont de tonnage (Le), P. B. [n° 12].	708	Procédés électrolytiques pour le désatamage et la récupération des déchets de fer-blanc, système P. Jacolliot, G. R. [n° 8].	466		
	Ponts (Tours de) [n° 2].	124	Production économique de puissance motrice par l'emploi de machines à vapeur surchauffée placée sur la chaudière même [n° 12].	721		
	Ponts à transbordeur pour la traversée des passes maritimes (Le développement de la construction des), G. LEISEKUGEL LE COCQ [n° 1].	1	Production de la fonte et de l'acier en France en 1910 [n° 7].	434		
	— — [n° 2].	76	Production (La) et les applications industrielles du froid : L'entrepôt frigorifique, L. MARCHIS. Conférence [Supplément au n° 5].	387		
	— — [n° 3].	138	Production littéraire technique en 1910 [n° 6].	530		
	Porosité des bougies filtrantes [n° 2].	123	Production des métaux autres que le fer en France [n° 9].	518		
	Port d'Anvers (Les grues électriques du), M. [n° 11].	634	Production des minerais en France en 1910 [n° 8].	482		
	Port du Havre (L'agrandissement du), L. D. F. [n° 9].	109	Production minière et métallurgique des Etats-Unis en 1910, P. B. [n° 10].	595		
	Port de mer (Le projet de Paris), F. [n° 2].	232	Production universelle du pétrole en 1909 [n° 7].	435		
	Poste d'essai pour la localisation des dérangements sur les lignes télégraphiques, M. [n° 4].	93	Projecteurs électriques (Groupes électrogènes automobiles et), A. ROUSSEL [n° 4].	218		
	Potasse (La répartition de la vente entre les exploitants de) en Allemagne, Maurice BELLOM [n° 2].	164	— — [n° 5].	270		
	— — [n° 3].	430	Propagation des courants téléphoniques, L.-V. BOURNAT [n° 5].	299		
	Poteaux en bois (Traitement des) [n° 7].	521	Propriétés magnétiques des alliages de fer, [n° 11].	650		
	Poteaux en ciment armé (Sur la fabrication des), L. V. B. [n° 9].	300				
	Poteaux télégraphiques (La durée des), L. V. B. [n° 5].	480				
	Potentiel disruptif (Irrégularités du) [n° 8].					

Q

Quantités infinitésimales (Les mesures des), J. GARÇON [n° 8].	477
Quebracho (La fabrication de l'extrait de), L. MEUNIER [n° 11].	628

R

Raboteuses (La commande électrique des), C. MANNESIER [n° 4].	231
Raboteuses (Moteurs réversibles pour) [n° 12].	719
Radiations (Sur la mesure des intensités des diverses) d'un rayonnement complexe [n° 9].	529
Radiations ultra-violettes (Sur la décomposition de l'eau par les) [n° 5].	320
Radier (Consolidation d'un) sous voie ferrée au moyen du béton armé [pl. II], A. PICHOT [n° 4].	215
Radiogoniomètre, Lieutenant de vaisseau Tissor [Supplément au n° 1].	III
Radiographie (Développement physique d'une image) après fixage par l'hyposulfite de soude et lavage prolongé de la plaque sensible irradiée [n° 9].	529
Radiotélégraphique (Communication) et radiotéléphonique avec les aéroplanes et dirigeables [n° 9].	526
Radiotélégraphiques (Création d'un système de stations) dans tout l'empire anglais [n° 10].	589
Radiotélégraphie (Les interférences en) [n° 10].	589
Rails en acier au titane [n° 11].	651
Rails de chemins de fer, F. DUBAR [n° 1].	37
Rails du chemin de fer Nord-Sud de Paris, G. DROMEL [n° 6].	343

	Pages.		Pages.		Pages.
Rails (Sur les ménisques brillants observés sur la table de roulement de certains), L. POTIN [n° 6]	344	Régulateur rotatif à vitesse fixe ou variable [n° 2]	122	Résistance offerte par un conducteur aux courants de haute fréquence [n° 8]	480
Rails (Nettoyage des), F. DUBAR [n° 4]	229	Régulation des groupes électrogènes, L. BARBILLON [n° 9]	485	Résistance des cordages usités en aéros-tation (Recherches expérimentales sur la), Capitaine DO [n° 1]	21
Rail (Rupture d'un) en service. Lettre du métallurgiste OSMOND [n° 2]	115	— — [n° 10]	536	— — [n° 4]	225
Rails (L'usure ondulatoire des), F. DUBAR [n° 4]	205	— — [n° 12]	674	Résistance diélectrique (Influence de la température sur la) des isolateurs de porcelaine, L. V. B. [n° 7]	416
Rails (L'usure ondulatoire des) [n° 12]	719	Régulation des moteurs triphasés (Moteurs polyphasés à collecteur pour la), L. V. B. [n° 10]	583	Résistance (Lois de la) à l'écrasement [n° 2]	122
Ramie (Densités des fils de), J. DANTZER [n° 4]	222	— — [n° 6]	304	Résistance au feu des briques Dinas [n° 5]	313
Ramie (Résistance des cordages en), Capitaine DO [n° 1]	24	— — [n° 7]	417	Résistance des fils de cuivre (Emploi du calcium et du molybdène pour augmenter la) [n° 9]	527
Rayons cathodiques produits à l'intérieur des lampes à incandescence [n° 10]	589	Relais ampère-métriques et wattométriques temporaires [n° 11]	649	Résistances ohmiques pour les parafoudres, système Multiplex [n° 8]	479
Rayons ultra-violet (Action des) sur l'acide lactique [n° 8]	479	Relais (Les) et les servo-moteurs électriques [n° 4]	254	Résistance opposée au passage des microbes par les bougies filtrantes à revêtement de collodion [n° 5]	319
Rayons ultra-violet (Action des) sur les gousses vertes de vanille [n° 8]	479	Relais servo-moteur sans réaction [n° 5]	318	Résistance des tissus (Influence du blanchiment sur le poids et la) [n° 12]	719
Rayons ultra-violet (La nitrification par les) [n° 4]	253	Relargage des savons, E. BONTOUX [n° 3]	162	Ressorts à boudins (Groupes des), A. NACHTERGAL [n° 11]	638
Rayons ultra-violet (Stérilisation de l'eau par les) [n° 2]	123	Remous des cours d'eau (Calcul du), G. DARIÈS [n° 4]	198	Ressorts à lames (Presse pneumatique pour le débridage des), E. F. [n° 7]	418
Rayons ultra-violet (Nouvelles recherches sur la stérilisation de l'eau par les) [n° 1]	60	Rendement (L'amélioration du) des chaudières à foyer intérieur [n° 6]	375	Ressources minérales de l'Ontario [n° 12]	721
Rayons X (Actions isolées ou successions de la lumière et des) sur les plaques photographiques [n° 10]	593	Rendement de combustion et rendement des chaudières [n° 1]	54	Ressources mondiales en minerais de fer, P. B. [n° 6]	386
Rayons X (Emploi des condensateurs dans la production des), G. FERROUX [n° 4]	218	Rendement des entreprises industrielles russes par actions de 1902 à 1907, A. L. [n° 6]	385	Retrait des alliages pendant et après la solidification [n° 4]	249
Rayonnement émis à l'intérieur des lampes à incandescence [n° 10]	589	Rendement des fraiseuses [n° 7]	432	Revenu des aciers (La constitution de la troostite et le) [n° 2]	116
Rayonnement ultra-violet (Influence de diverses conditions physiques sur le) des lampes à vapeur de mercure en quartz [n° 11]	657	Rendement des gazogènes [n° 9]	528	Revenu (Le) des produits écrouis [n° 2]	122
Récepteurs mécaniques des signaux de la voie, J. NETTER [n° 4]	209	Rendement en jus des presses [n° 2]	119	Revêtements en béton armé (Protection des disques, talus et cotés par des) [n° 4]	256
Réception téléphonique (Appareil de) de signaux sous-marins [n° 9]	526	Rendement des lampes à incandescence [n° 6]	380	Rivage des tôles de chaudière (Notes sur le), L. D. [n° 4]	235
Recherches thermodynamiques sur les moteurs Diesel à marche rapide, L. V. B. [n° 12]	705	Rendement pratique des souffleries à vapeur [n° 7]	424	Rongçage de l'indigo par les hydrosulfites, E. G. [n° 12]	687
Récolte (Les instruments de) au Concours agricole de 1911, H. PILLAUD [n° 5]	284	Renforcement des attelages des véhicules des chemins de fer, A. STOUVENOT [n° 3]	469	Rose d'alizarine sur tissus non préparés, J. [n° 9]	518
Récupérateurs (Observations sur le fonctionnement des) dans les fours Martin, H. L. [n° 10]	574	Réorganisation (Résultats de la) d'une manufacture canadienne d'armes à feu, L. D. [n° 7]	423	Roues polaires des alternateurs, G. CA-PART [n° 11]	611
Récupération des déchets de fer-blanc, G. R. [n° 8]	466	Réparation (Curieuse) à un cylindre à vapeur fissuré, L. D. [n° 4]	236	— — [n° 11]	117
Redevances des concessionnaires de mines [n° 3]	194	Répartition de la vente entre les exploitants de potasse en Allemagne, Maurice BELLOM [n° 2]	93	Rouille (Le fer pur ne se) pas [n° 2]	117
Redresseur de courant pour réseaux à courant alternatif, L. V. B. [n° 9]	521	— — [n° 3]	164	Roulage actuel (Adaptation des grandes routes au) [n° 5]	329
Réduction directe du minerai de fer au four électrique, C. [n° 7]	421	Repères aéronautiques (Sur un projet de carte internationale et de) [n° 10]	587	Roulage dans les mines, L. DESCHOUX [n° 1]	47
Refractaire (L'alundum employé comme matière) [n° 10]	592	Repères pour la fabrication d'alliages en aluminium [n° 11]	650	Roulement de certains rails (Sur les ménisques brillants observés sur la table de), L. POTIN [n° 6]	344
Refractaires (Températures de fusion de substances, dites) [n° 9]	523	Répertoire pour favoriser le développement de l'exportation française [n° 2]	127	Routes (Adaptation des grandes) au roulage actuel [n° 5]	329
Réfrigérants (Mélanges) [n° 2]	123	Répétition (De la) sur les locomotives des signaux de la voie, J. NETTER [n° 2]	65	Routes (Sur la construction des) et ouvrages d'art en terrains calcaires [n° 11]	657
Réfrigération, P. B. [n° 1]	52	— — [n° 3]	142	Routes (Goudronnage des), G. et V. [n° 2]	85
Réfrigération et ventilation des soutes à poudre B des navires de guerre, Léon LEFEBVRE [n° 6]	325	— — [n° 4]	208	Routes (Goudronnage des) [n° 1]	60
— — [n° 7]	407	Repos des spécialistes dans les usines à feu continu [n° 3]	194	— — [n° 12]	718
— — [n° 8]	445	Reproduction photographique des documents par réflexion [n° 5]	320	Rupture d'un cylindre par coup d'eau, L. D. [n° 4]	236
— — [n° 9]	496	Réseaux aériens (Protection des) de faible étendue contre les surtensions d'origine atmosphérique [n° 2]	113	Russie (Rendement des entreprises industrielles par actions en) de 1902 à 1907, A. L. [n° 6]	385
— — [n° 10]	545	Réseaux électriques unifiés [n° 10]	588	Russie (Statistique de l'industrie du fer en en 1909 [n° 3]	194
— — [n° 12]	680	Réseaux monophasés (Moteurs polyphasés et), L. V. B. [n° 9]	520		
Refroidissement de l'eau de circulation des condenseurs de vapeur [n° 10]	593	Réseaux (La protection des) et installations électriques contre les surtensions, G. CAPART [n° 10]	533		
Régénération et coalescence du caoutchouc [n° 3]	186	— — [n° 11]	610		
Réglage des tirs d'artillerie de campagne (Utilisation de l'aéroplane pour le), A. G. [n° 12]	697	— — [n° 12]	668		
Règlement sur l'exploitation des mines de combustibles [n° 11]	658	Réseau triphasé (Moteur à double collecteur pour connexion sur) [n° 12]	714		
Régulateur automatique pour batterie-tampon [n° 7]	426	Reserve grasse pour la teinture de la soie [n° 8]	479		
Régulateurs automatiques de tension [n° 10]	588	Réservoirs à combustibles liquides pour la marine, E. F. [n° 2]	105		
Régulateur automatique de vitesse pour moteur de ventilateur, de pompe, de compresseur, etc., système Cutler-Hammer-Mason, M. [n° 3]	173	Résidus de pétrole (Utilisation des), J. GARCIN [n° 3]	186		
Régulateurs de pression des gaz (Deux formes très simples de) [n° 11]	655	Résilience (Recherches sur la dureté des aciers : parallèle entre la dureté et la), Capitaine GRARD [n° 6]	373		
		— — [n° 7]	420		
		— — [n° 8]	470		
		Résinates métalliques (Les) [n° 9]	524		
		Résines (Solubilité des) [n° 7]	428		
		Résistance (Conditions de) des aéroplanes, Capitaine E. TARRON [n° 6]	337		
		Résistance de l'air et aviation, L. MARCHIS [n° 3]	129		
		— — [n° 4]	201		

S

Sables aurifères (L'électrolyse appliquée au traitement de) [n° 6]	381
Salaires (Nouvelle formule des, et application au cas de l'entretien des voies de chemins de fer, L. PORIN [n° 9]	488
Salon (Note sur le XII ^e international de l'automobile (Paris, décembre 1910), G. LUMET [n° 1]	34
Saphir (Nature des oxydes qui colorent le) [n° 2]	119
Saponines (Emploi des) pour la préparation des émulsions insecticides et des liquides des traitements insecticides et antierptogamiques [n° 7]	429
Sauvetage (Concours pour le) des équipages de sous-marin [n° 2]	127
Savon composé pour dégraissage [n° 12]	718

	Pages.		Pages.		Pages.
Savonnerie (L'industrie de la), E. BONTROUX [n° 1]	31	Soupapes électrolytiques (Compoundage des alternateurs au moyen des) [n° 4] . .	253	Sustentation d'un modèle d'aéroplane (Appareil permettant la détermination directe du taux de) : application à des oiseaux naturalisés, Capitaine A. LAFAY [n° 12]	665
— — [n° 3]	161	Sous-marin (Concours pour le sauvetage des équipages de) [n° 2]	127	Syntonie (Application de la) acoustique et électrique à l'hydratélographie [n° 9] . .	525
— — [n° 5]	291	Sous-marin <i>Vulkan</i> (Le dock de relevage pour, de la marine allemande, P. L. [n° 3]	176	Systèmes (Les nouveaux) téléphoniques automatiques, H. MILON [n° 1]	9
— — [n° 8]	462	Sous-stations de transformation [n° 4] . .	254	Système téléphonique semi-automatique ou automatique [n° 9]	526
— — [n° 9]	507	Souterrains (Applications de l'air comprimé à la perforation des grands), H. VILLETARD [n° 11]	622		
Scout anglais <i>Bristol</i> (Les turbines du), P. LORAIN [n° 1]	44	Souterrain (Construction du) du tunnel du Somport, L. D. F. [n° 6]	333		
Séchage du malt [n° 12]	719	Soutes à poudre B (Note sur l'immersion des), J. de LASTOURS [n° 12]	704		
Sécurité des travailleurs (Hygiène et), décret du 2 juin 1911 [n° 9]	530	Soutes à pontes B (Réfrigération et ventilation des) des navires de guerre, LÉON LEFEBVRE [n° 6]	325		
Sémaphore à magnéto, J. NETTER [n° 10] . .	566	— — [n° 7]	407		
Série de prix types pour un réseau de chemins de fer, A. PICHOT [n° 11]	631	— — [n° 8]	445		
Servomoteurs électriques [n° 4]	254	— — [n° 9]	496		
Servomoteur (Relais) sans réaction [n° 5] . .	318	— — [n° 10]	545		
Sheelite (Gisements de) [n° 12]	723	— — [n° 12]	680		
Siderurgique (L'outillage d'une usine) américaine à grande production, V. B. [n° 7] .	422	Spectrophotométrique (Méthode) de dosage du Krypton [n° 5]	320		
Sifflets électro-automoteurs, J. NETTER [n° 3]	142	Spectroscopie (Emploi de la) dans l'industrie chimique, Eug. GRANDMOUGIN [n° 8]	457		
Signal horaire hertzien (Appareil de réception du) [n° 2]	120	Stabilisateur anti-roulis [n° 7]	431		
Signaux horaires radiotélégraphiques, Lieutenant de vaisseau TISSOT. Conférence [Supplément au n° 1], V.		Stabilisation des aéroplanes au moyen de gyroscopes [n° 4]	252		
Signaux sous-marins (Appareil de réception téléphonique de) [n° 9]	526	Stabilisation automatique longitudinale des aéroplanes (La), Ad. DOUTRE [n° 10]	550		
Signaux de la voie (De la répétition sur les locomotives des), J. NETTER [n° 2] . .	65	Stabilité des aéroplanes (Recherches sur la), Victor QUITNER [n° 2]	90		
— — [n° 3]	142	Stages industriels (Organisation des) [n° 2] .	125		
— — [n° 4]	208	Stations centrales (Développement des) [n° 10]	588		
Silice (Dosage de la) dans les argiles et les briques réfractaires [n° 5]	316	Stations électriques du Niagara [n° 12] . .	720		
Silice (Un étalon de longueur en) [n° 10] . .	585	Stations électriques du Nord-Sud de Paris, J. DROMEL [n° 6]	341		
Silicite (La) [n° 8]	478	Station filtro-ozonatrice de Saint-Petersbourg, A. L. [n° 10]	570		
Silicium (De l'emploi du manganèse et du) dans la fonderie [n° 9]	527	Stations hydroélectriques fonctionnant sans surveillance [n° 3]	183		
Silicium (Influence du soufre et du) sur la fonte [n° 3]	191	Stations radiotélégraphiques (Création d'un système de) dans l'Empire anglais [n° 10] .	589		
Silico-calcaires (Les), F. D. [n° 6]	361	Statistique minière de l'Indo-Chine [n° 12] .	723		
Siphon automatique [n° 3]	191	Statistique minière de la Tunisie en 1909 [n° 4]	259		
Siphons automatiques (Barrages et) [n° 12] .	702	Sterilisation de l'eau par les rayons ultraviolets [n° 2]	123		
Soie (Densités des fils de) par rapport à leurs diamètres, J. DANTZER [n° 6] . .	352	Sterilisation de l'eau (Nouvelles recherches sur la) par les rayons ultraviolets [n° 1] .	60		
Soie (Réserve grasse pour la teinture de la) [n° 8]	479	Suc (Recherche sur le) de la levure de bière [n° 7]	430		
Solubilité de la gomme laque [n° 1]	59	Sucreries (Nouveau mode d'utilisation des écumes de carbonation de) pour la fabrication du ciment, M. R. [n° 5]	230		
Solubilité des résines, J. GARCON [n° 7] . .	428	Suède (L'industrie électrique en) [n° 5] . .	323		
Solutions aqueuses (L'action des) sur le fer, P. BREUIL [n° 7]	427	Sulfate d'ammoniaque (Nouveau mode de préparation du), M. R. [n° 7]	415		
Sondage de la Chazotte et du Gros, C. [n° 4]	240	Sulfate de baryum et fluorure de calcium plastiques [n° 8]	478		
Sonder (Sur une nouvelle machine à) [n° 11] .	654	Sulfate de cuivre (Electrolyse du) [n° 11] .	652		
Soude caustique (Créon par impression de) sur noir uni [n° 8]	479	Supports flexibles en fer laminé (Transports d'énergie électrique : construction des lignes au moyen de), G. DÉTHIOLLAZ [n° 2]	80		
Soude caustique (Nouvel électrolyseur à cathode mercurielle pour la préparation du chlore et de la), système Whiting [n° 6]	366	Suppression des fumées (La) [n° 11] . . .	654		
Soudures (Quelques études sur les) [n° 6] .	378	Suppression de la fumée des fours et chaudières [n° 3]	192		
Soudure autogène des métaux, R. THOMAS [n° 10]	576	Surchauffée (Machines à vapeur) [n° 12] .	721		
Soudure des soufflures et des cavités dans les lingots d'acier [n° 6]	377	Surtensions d'origine atmosphérique (Protection des réseaux aériens de faible étendue contre les) [n° 2]	113		
Soufflage du verre (La fabrication des grandes pièces en verre creux et les procédés modernes de), A. GRANGER [n° 11]	597	Surtensions (Protection des réseaux à haute tension contre les), G. FERROUX [n° 3]	147		
— — [n° 12]	691	Surtensions (La protection des réseaux et installations électriques contre les), G. CAPART [n° 10]	533		
Souffleries à vapeur (Rendement pratique des) [n° 7]	424	— — [n° 11]	610		
Soufflerie à vapeur (Le tirage par), J. IZART [n° 11]	604	— — [n° 12]	668		
Soufflures des lingots d'acier [n° 3]	191	Surtensions et surintensités [n° 3]	190		
Soufflures (La soudure des) et des cavités dans les lingots d'acier [n° 6]	377				
Soufre (Attaque des tissus teints en colorants au) au magnésinage, J. [n° 9] . . .	518				
Soufre (Détermination rapide du) dans le gaz d'éclairage [n° 8]	478				
Soufre (Influence du) et du silicium sur la fonte [n° 3]	191				
Soufre (Nouvelle méthode d'impression des couleurs au) [n° 8]	479				

	Pages.		Pages.		Pages.
Températures (Derniers progrès dans la mesure des hautes) [n° 10]	592	Trajectoires (Procédé d'observation des) suivies par les éléments d'un courant d'air gêné par les obstacles de forme variable [n° 4]	252	Travaux publics (Concession de) [n° 6]	385
Températures de fusion des substances dites réfractaires [n° 9]	523	Tramways (L'emploi des compteurs sur les voitures de) [n° 12]	718	Traversée des Pyrénées (La construction du tunnel de Somport et la <i>(Planche IV)</i> , L. D. F. [n° 6]	328
Température (Influence de la sur la corrosion) [n° 11]	656	Tramways (Conditions à remplir dans les plans d'extension en vue d'obtenir un réseau rationnel de), F. DUBAR [n° 4]	229	Traverses en bois, métalliques et autres, employées dans les chemins de fer d'intérêt local et les tramways, Fernand DUBAR [n° 3]	172
Température (Influence de la sur la résistance diélectrique des isolateurs de porcelaine, L. V. B. [n° 7]	416	Tramways (Le XVI ^e Congrès international de, et de chemins de fer d'intérêt local Bruxelles, septembre 1910), Fernand DUBAR [n° 2]	98	Traverses des chemins de fer (La durée des) [n° 7]	433
Tensions (Dilatations et) pendant le chauffage et le refroidissement d'un mur, M. A. [n° 9]	493	— [n° 3]	172	Tremblements de terre artificiels [n° 1]	49
Tensions des métaux, M. A. [n° 10]	560	— [n° 4]	229	Tremblements de terre (Effets des) sur les constructions, A. G. [n° 2]	110
Terrains perméables en petit Théorie des puits ordinaires dans les) [n° 5]	320	— [n° 5]	293	Trempe des barreaux cimentés, Pierre BREUIL [n° 10]	556
Terre (Action de la sur le béton armé n° 5)	316	Tramways à 1200 volts courant continu [n° 7]	430	Trempe des bronzes [n° 1]	60
Tetrachlorure de carbone (Emploi du pour le dégraissage de la soie [n° 8]	479	Transbordement sur les chemins de fer n° 2)	98	Trépitations (L'amortissement du bruit et des) machines électriques [n° 8]	474
Textiles (La commande électrique dans les usines), Ed. FONTIGNY [n° 8]	442	Transbordeur (Construction des ponts à pour la traversée des passes maritimes, G. LEINEKUGEL LE COCQ [n° 1]	1	Trinitroglycérine, L. OTTENDAH [n° 5]	287
— [n° 9]	502	— [n° 2]	76	Triphasé (La prise de terre dans les installations à), L. V. B. [n° 1]	41
Textiles La chaleur et l'humidification dans le travail des) [n° 2]	121	— [n° 3]	183	Trolley du chemin de fer Nord-Sud de Paris, G. DROMEL [n° 6]	342
Textiles Procédé de désélectrisation des matières au moyen des courants électriques de haute fréquence [n° 5]	318	Transformateur (Un nouveau) de courants triphasés en courants diphasés [n° 11]	649	Troostite (La constitution de la) et le revenu des aciers [n° 2]	116
Textiles (Détermination des densités et diamètres des matières) à l'état de fils simples, James DANTZER [n° 3]	150	Transformateurs de démarrage [n° 6]	376	Troubles (Moyen de supprimer les, causés aux lignes téléphoniques dans les lignes d'énergie [n° 8]	479
— [n° 4]	221	Transformateurs (Essai des huiles pour, E. SOUPEY [n° 1]	56	Tubes (Appareil à couper les), système Gallon, H. GALLON [n° 1]	46
— [n° 6]	350	Transformateurs Pôles additionnels pour, L. V. B. [n° 12]	698	Tubes de cuivre Substitution des aux tubes de plomb dans la distribution des eaux potables [n° 7]	429
Thermodynamiques (Recherches) sur les moteurs Diesel à marche rapide, L. V. B. [n° 12]	705	Transformateurs statiques de fréquence Sur les) [n° 5]	317	Tubes d'économiseurs (Machine à détartre les) [n° 5]	311
Thermomètre électrique, P. B. [n° 1]	51	Transformation (Sous-station de) [n° 4]	254	Tubes (Sur les gaz dégagés des parois de verre, de porcelaine et de silice [n° 5]	320
Tirs d'artillerie de campagne Utilisation de l'aéroplane pour le réglage des), A. G. [n° 12]	697	Transmission de la chaleur [n° 9]	528	Tubes (Sur les gaz dégagés des parois de verre, de porcelaine et de silice [n° 5]	320
Tirage équilibré Le) [n° 10]	592	Transmission de la chaleur dans les chaudières [n° 11]	657	Tubes lumineux au néon [n° 7]	431
Tirage rationnel (Sur le) des générateurs de vapeur, J. IZART [n° 11]	604	Transmission de la chaleur dans la condensation par surface [n° 1]	54	Tubes (Pressions sur les) [n° 4]	255
— [n° 12]	687	Transmission (Dynamomètre de), André WALLON [n° 2]	121	Tuerie (La) de pores d'Aubervilliers (Seine), M. RIGOTARD [n° 6]	353
Tissage Effets de) obtenus par impression [n° 9]	524	Transmissions électriques modernes [n° 4]	254	Tunisie (Statistique minérale de la) en 1909 [n° 4]	259
Tissus artificiels Sur les ou tissus chimiques [n° 8]	477	Transmission électrique (Applications de la à la propulsion des navires [n° 7]	432	Tunnels (Longs) [n° 1]	37
Tissus Blanchiment des) [n° 8]	479	Transmission d'énergie Limites économiques de) [n° 10]	588	Tunnel construit sous le Détroit River, en Amérique [n° 4]	256
Tissus Influence de blanchiment sur le poids et la résistance des) [n° 12]	719	Transmission de la force motrice (Câbles en cuir à torons pour la, L. V. B. [n° 4]	234	Tunnel de l'Illinois, à Chicago (Méthodes de transport appliquées au) [n° 6]	384
Tissus teints en colorants Attaque des au magasinage, J. [n° 9]	518	Transmission hydraulique, système Fottinger, L. D. [n° 7]	416	Tunnel de Lœtschberg (Le percement du) [n° 5]	308
Titane Effets du sur le fer [n° 9]	527	Transmission hydraulique, système Janney, L. V. BOURNAT [n° 5]	301	Tunnel de Somport (La construction du et la traversée de la chaîne des Pyrénées <i>(Planche IV)</i> , L. D. F. [n° 6]	328
Titration des chlorures appliquée au jaugeage des débits de turbines, P. B. [n° 6]	369	Transmission (Lignes de) à très haute tension [n° 4]	254	Turbines combinées (Machines à pistons et), M. D. [n° 5]	271
Tôles de chaudière Notes sur le rivetage des), L. D. [n° 4]	235	Transmission Lignes de de l'électricité [n° 7]	430	Turbines et compresseurs ventilateurs, Ch. LEMALE [n° 5]	261
Tonnage (Le pont de), P. B. [n° 12]	708	Transmission télégraphique [n° 10]	589	Turbines à déshydrater les goudrons [n° 3]	155
Tour Le centrage sur le), L. D. [n° 10]	573	Transmission téléphonique Dispositif d'enregistrement à distance d'une sur cylindres ou disques phonographiques [n° 9]	526	Turbines (Evolution de la chaleur dans les), Ch. LEMALE [n° 2]	68
Tournage automatique des cylindres de laminaires et de tonte pièce cylindrique en général, Capitaine P. GORGET [n° 7]	394	Transmission (La) thermique dans les économiseurs [n° 11]	617	Turbines à gaz (La régulation des), L. V. B. [n° 5]	304
Tours de ponts [n° 2]	124	Transmission thermique (Variations du coefficient de) avec la longueur d'un tuyau, L. V. B. [n° 7]	422	— [n° 6]	370
Tracé des courbes de voies de chemins de fer (Vérification et régularisation du), L. POTIN [n° 5]	268	Transmission dans les voitures automobiles, G. LMET [n° 5]	36	— [n° 7]	417
Tracteurs et transporteurs au Congrès de Dusseldorf [n° 1]	47	Transport des charbons [n° 3]	192	Turbines hydrauliques (Les) : généralités, fonctionnement, calcul de leurs éléments, Marc RIVIÈRE [n° 6]	367
Traction électrique (Avantages de la), J. A. MONTPELLIER [n° 1]	6	Transport continu (Service de) [n° 12]	720	Turbine (Locomotive électrique à), L. D. [n° 4]	230
Traction électrique (Le contrôle des équipements de), H. MARCHAND [n° 1]	19	Transport des denrées périssables (Le et les wagons frigorifiques, H. G. [n° 7]	482	Turbines mixtes [n° 1]	47
Traction électrique par courant alternatif monophasé transformé en courant continu sur la locomotive, F. D. [n° 10]	568	— [n° 9]	531	Turbines (Les) du scout anglais Bristol, P. LORAIN [n° 1]	44
Traction électrique (Essais de) par locomotives équipées avec moteurs à courant monophasé sur le réseau des chemins de fer du Midi, F. D. [n° 8]	463	Transports d'énergie électrique : construction de lignes au moyen de supports flexibles en fer laminé, G. DITHIOLLAZ [n° 2]	80	Turbines (La titration des chlorures appliquée au jaugeage des débits de), P. B. [n° 6]	369
Traction monophasée (Résultats obtenus avec la) [n° 4]	247	Transport (Méthodes de) appliquées au tunnel de l'Illinois, à Chicago [n° 6]	384	Turbines à vapeur (Emploi des) sur les locomotives, F. D. [n° 5]	294
Traction souterraine par locomotives à air comprimé [n° 7]	433	Transport au moyen d'hélices [n° 9]	519	Turbines à vapeur (Perte d'énergie et chute de pression dans les) [n° 10]	383
Trains de marchandises (Du freinage des), J. NEITZER [n° 7]	389	Transporteurs (Les) au Congrès de Dusseldorf, L. DESCHROUX [n° 1]	47	Turbine à vapeur (Une) de puissance réduite et de rendement élevé [n° 12]	711
Traitements thermiques (Contribution à l'étude des), M. A. [n° 8]	437	Transporteurs, système A. Bleichert, M. [n° 10]	572	Turbo-compresseur (Application économique du) actionné par une turbine [n° 5]	319
— [n° 9]	492	Travail des enfants et des femmes [n° 3]	194	Turbo-générateur de 9000 kw (Essais d'un) [n° 1]	54
— [n° 10]	560	Travaux d'amélioration de la gare Saint-Lazare et de ses accès <i>(Planche III)</i> , E. JANIN [n° 5]	266	Turbo-générateur (L'emploi des bobines de self pour protéger les installations à) [n° 10]	588

	Pages.		Pages.		Pages.
Turkestan (L'industrie dans le), A. LIÉVIN [n° 10]	595	Vagues de la mer (Utilisation pratique de l'énergie cinétique des), J. A. MONTPELLIER [n° 2]	105	Viciation d'une atmosphère confinée (Sur une méthode de mesure du degré de [n° 10]	588
Tuyau (Variations du coefficient de transmission thermique avec la longueur d'un), L. V. B. [n° 7]	422	Valve (Nouveau système de) [n° 7]	425	Vins (La désulfuration des) par l'hexaméthylène-tétramine [n° 3]	188
Tuyauterie (Installation de la) d'une station de chauffage central [n° 4]	256	Vanadium (Cylindres en fonte au) pour locomotives, F. D. [n° 4]	230	Virage (Moyen d'éviter le) produit par l'alcali, en impression [n° 8]	479
Tuyaux ondulés à grande élasticité [n° 12]	713	Vanadium (Effets du) sur la fonte [n° 10]	591	Vis d'Archimède [n° 9]	519
U		Vanadium (Influence de 0,2 % de sur les aciers des différentes teneurs en carbone, H. L. [n° 9]	517	Vis (Nouvelle méthode de fabrication des), L. D. [n° 7]	419
Ultra-violet (Diminution progressive du rendement en) des lampes en quartz à vapeur de mercure [n° 10]	592	Vanille (Action des rayons ultra-violet sur les gousses de) [n° 8]	479	Vis sans tête (Outil pour tenir les), L. D. [n° 7]	419
Ultra-violet (Influence de diverses conditions physiques sur le rayonnement des lampes à vapeur de mercure en quartz [n° 11]	657	Vapeur d'eau (Action de la) sur le carbone en présence de la chaux [n° 5]	316	Visites collectives d'usines (Organisation des), PERPÈTE [n° 2]	125
Ultra-violettes (Décomposition de l'eau par les radiations) [n° 5]	320	Vapeur d'eau (Action de la) dans les gazogènes [n° 10]	592	Vitesses (Détermination de la) d'un mobile dans l'atmosphère [n° 9]	519
Ultra-violet (Décomposition par la lumière) [n° 2]	119	Vapeur d'eau saturée (Formule donnant la pression de la en fonction de sa température [n° 8]	481	Vitesses (L'emploi des grandes) de gaz dans les chaudières [n° 4]	245
Ultra-violet (Action des rayons) sur l'acide lactique [n° 8]	479	Vapeur de mercure (Influence de diverses conditions physiques sur le rayonnement ultra-violet des lampes à) en quartz [n° 11]	657	Vitesse (La transformation de la) de l'eau en pression, L. V. B. [n° 7]	416
Ultra-violet (Action des rayons) sur les gousses vertes de vanille [n° 8]	479	Vapeur surchauffée (Résultats obtenus par l'emploi des locomotives à, F. D. [n° 7]	414	Viticulture (L'arséniate de plomb en) [n° 2]	119
Ultra-violet (La nitrification par les rayons) [n° 4]	253	Vapeur surchauffée (Machines à placée sur la chaudière même [n° 12]	721	Vitriol vert (Emploi du en arboriculture, [n° 4]	251
Ultra-violet (Stérilisation de l'eau par les rayons) [n° 2]	123	Vapeur surchauffée (Sur la valeur du coefficient de Napier pour le) [n° 1]	54	Voies de chemins de fer (Nouvelle formule des salaires et application au cas de l'entretien des), L. POTIN [n° 9]	488
Ultra-violet (Nouvelles recherches sur la stérilisation de l'eau par les rayons) [n° 1]	60	Vaporisation (Essais de) [n° 1]	50	Voies (Perfectionnements apportés dans l'établissement des) des tramways urbains, Fernand DUBAR [n° 3]	173
Unités électriques (L'emploi des nouvelles) [n° 4]	234	Varron des cuirs (Association française pour la destruction des [n° 3]	195	Voies (Types les plus récents des) de chemin de fer [n° 2]	98
Unités électriques pratiques (Sur la définition des) [n° 2]	120	Végétation (Effets du goudronnage des routes sur la) [n° 12]	718	Voie (Renforcement de la) des chemins de fer, F. DUBAR [n° 1]	37
Universités (Les) et l'enseignement technique, R. MORTIER [n° 11]	658	Véhicules des chemins de fer (Observations sur le renforcement des attelages des), A. STOUVENOT [n° 3]	169	Voies navigables (Influence des) sur le trafic des chemins de fer [n° 2]	97
— [n° 12]	722	Vent (Action du) sur les lignes aériennes [n° 3]	188	Voitures automobiles [n° 1]	38
Usinage de disques minces, L. D. [n° 4]	239	Vente (La répartition de la) entre les exploitants de potasse en Allemagne, Maurice BELLOM [n° 2]	93	Voitures du chemin de fer Nord-Sud de Paris, G. DROMEL [n° 6]	342
Usines (Les nouvelles) de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité, L. D. F. [n° 11]	608	— [n° 3]	164	Vol des oiseaux (Au sujet d'une explication du), J. OLIVE [n° 10]	565
Usines électriques allemandes (Les) en 1910 [n° 6]	387	Ventilateurs dans les mines, L. DESCROIX [n° 1]	48	Voltmètre électrostatique à lecture directe pour très hautes tensions [n° 6]	380
Usines à gaz (La condensation dans les) [n° 7]	429	Ventilateurs de mines [n° 8]	480	Volume (L'augmentation de) des fontes, [n° 8]	476
Usine municipale (La nouvelle) de désinfection de la Ville de Paris, E. F. [n° 9]	515	Ventilateurs (Turbines et compresseurs), Ch. LEMALE [n° 5]	261	W	
Usines (Principes généraux de l'organisation systématique des machines et des), E. BELOT [n° 10]	547	Ventilation des filatures de coton du nord de la France, L. BARGERON [n° 1]	43	Wagons (Attelage automatique des), système W. S. Laycock, J. NETTER [n° 1]	39
Usine sidérurgique américaine (L'outillage d'une) à grande production, V. B. [n° 7]	422	— [n° 2]	103	Wagons (Culbuteurs de) à plate-forme et à rails cintrés, système Pohlig, M. [n° 3]	171
Usines textiles (La commande électrique dans les), Edouard FONTIGNY [n° 8]	442	Ventilation (Réfrigération et) des soutes à poudres B des navires de guerre, LÉON LEFÈVRE [n° 6]	325	Wagons frigorifiques (Le transport des denrées périssables et les), H. G. [n° 8]	483
— [n° 9]	502	— [n° 7]	407	— [n° 9]	531
Usure (L') des aciers aux abrasifs, P. GARTNER [n° 3]	178	— [n° 8]	445	Wagons réfrigérants [n° 2]	97
Usure ondulatoire des rails (L'), H. DUBAR [n° 4]	205	— [n° 9]	446	Wattmétriques (Relais) temporisés, A. R. GARNIER [n° 11]	649
Usure ondulatoire des rails [n° 12]	719	— [n° 10]	545	Z	
Utilisation agricole (Considérations sur l') des eaux d'égout [n° 10]	587	— [n° 12]	680	Zinc (Alliages d'aluminium et) [n° 11]	657
Utilisation à distance des eaux minérales thermales [n° 10]	593	Vérification et régularisation du tracé des courbes des voies de chemin de fer, L. POTIN [n° 5]	268	Zinc (Coloration du), A. VIDAL [n° 11]	643
V		Vernis pour graveurs sur cuivre [n° 12]	718	Zinc (Four électrique pour la fusion du), P. BREUIL [n° 8]	477
Vagues (Moteur du type à flotteurs, actionné par les), L. D. [n° 10]	571	Vernis inaltérable pour bacs d'accumulateurs, L. V. B. [n° 8]	475	Zinc (Gisements de plomb et de) du département de Constantine, F. ROBIN [n° 10]	595
		Verre (L'altération du) à l'air [n° 4]	250	— [n° 11]	658
		Verre creux (La fabrication des grandes pièces en) et les procédés modernes de soufflage du verre, A. GRANGER [n° 11]	597	Zinc (Les progrès de la métallurgie du) en France [n° 6]	382
		— [n° 12]	691	Zinc (Le traitement des minerais de) au four électrique [n° 6]	383
		Verres d'éclairage (Fabrication des) [n° 11]	653	Zuyderzée (Le dessèchement du), P. B. [n° 12]	711

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

AÉRODYNAMIQUE		AGRICULTURE, AGRONOMIE		Salon international de l'automobile (Notes sur le XII ^e) : construction, moteur, transmission, G. LUMET n° 1	
AÉRONAUTIQUE, AÉROSTATION ET AVIATION		ALIMENTATION INDUSTRIES AGRICOLES		BIBLIOGRAPHIE (OUVRAGES ANALYSÉS EN 1910)	
	Pages.		Pages.		Pages.
Action du vent sur les lignes aériennes (n° 3).	188	Arséniate de plomb (L') en viticulture (n° 2).	119	Acétylène (Guide pratique de l'usage d') (n° 6).	388
Acroplanes (Recherches sur la stabilité des). V. QUITTNER [n° 2].	9	Beurres anormaux (Les) (n° 9).	524	Actions de travail (Les). J. GRANIER [n° 5].	324
Aéroplanes (Les) au Salon de 1911. L. MARCHIS [n° 12]	661	Caoutchouc (Le) à la Côte d'Ivoire [n° 5].	322	Aéro-manuel 1911. Ch. FAROUX et BERNARD [n° 1].	61
Aéroplane (Utilisation de l' pour le réglage des tirs d'artillerie de campagne. A. G. n° 12).	697	Cyanamide (Caractérisation de la) (n° 8).	478	Aéroplane (L.) de l'avenir. H. PICO [n° 9].	532
Aéroplane (La technique de l') (n° 1).	59	Eau (La lutte pour la possession de l') (n° 2).	119	Aéropilotes (Stabilité des). BRILLOUX [n° 2].	128
Aéroplane (Sur la bonne tenue de l') en air agité (n° 6).	380	Eaux (Epurations des) d'égoût par le sol [n° 7].	429	Aéroplane (Technique de l'). J. RABAUD [n° 7].	436
Aérostats dirigeables contemporains (Les). Commandant P. RENARD [n° 2].	88	Eaux résiduaires de féculerie (Les) et leur utilisation (n° 7).	429	Aéroplane pour tous (L.). LELASSEUX et MARQUÉ [n° 6].	388
Appareil permettant la détermination directe du taux de sustentation d'un modèle d'aéroplane : application à des oiseaux naturalisés. Capitaine A. LAFAY [n° 12].	665	Electricité (De l'utilisation de l') en agriculture (n° 3).	183	Analyse chimique appliquée aux essais industriels. J. POST et B. NEUMANN [n° 1].	64
Aviation (Les bases scientifiques de l'). L. MARCHIS [n° 3].	429	Forêts (Les) de France et leur production (n° 1).	63	— — [n° 8].	484
— — [n° 4].	201	Froid (Applications du) à l'alimentation et à l'agriculture (n° 1).	52	Analyse chimique métallurgique. J. HOGNOX [n° 9].	532
Carte internationale (Sur un projet de) et de repères aéronautiques (n° 10).	587	Goudronnage (Effets du) des routes sur la végétation (n° 1).	60	Analyse (Traité d') des substances minérales. A. CARNOT [n° 12].	724
Chutes d'aéroplanes et causes probables (n° 3).	188	Guano (Le) et son commerce. Paul BARRE [n° 8].	482	Annuaire du bureau des longitudes 1911 n° 1.	64
Communication radio-télégraphique et radiotéléphonique avec les aéroplanes et dirigeables (n° 9).	526	— — [n° 9].	530	Annuaire des Ingénieurs de France n° 11.	660
Concours d'appareils militaires d'aviation (n° 2).	127	— — [n° 10].	594	Astrolabe à prisme. A. CLAUDE et DRIENCOURT [n° 7].	436
Construction (De la) et de la conduite des aéroplanes : conditions générales de sécurité. Capitaine E. TARRON [n° 6].	337	Labourage électrique. P. [n° 2].	101	Béton armé, système Hennebique [n° 7].	436
— — [n° 7].	396	Labourage à la dynamite (n° 10).	585	Blanchiment (Le). CHAPLET [n° 2].	128
Cordages usités en aérostation (Recherches expérimentales sur la résistance des). Capitaine DO [n° 1].	24	Lait végétal (n° 5).	315	Calcul mécanique (Le). L. JACOB [n° 6].	388
— — [n° 4].	225	Liquides insecticides (n° 2).	119	Calcul numérique. R. de MONTESSU et H. d'ADHÉMAR [n° 12].	724
Expériences faites au moyen de l'installation de mesures aérodynamiques de l'établissement d'aviation de Vincennes (n° 6).	380	Machines (Les) au concours général agricole de Paris de 1911. H. PILLAUD [n° 5].	283	Caoutchouc (Matières premières de la fabrication du), de la gutta-percha, etc.. R. MARZAHN, trad. J. FRITSCH [n° 8].	484
Hauteur (Calcul de la) atteinte par un aéroplane. L. POTIN [n° 2].	96	Main-d'œuvre rurale (La) [n° 1].	59	Cellulose (Le). MASSELOIN, ROBERTS et CILLARD [n° 1].	64
Hydrogène (Fabrication de l' pour le gonflement des ballons en Allemagne (n° 4)).	252	Panification (La) et les pétrins mécaniques. J.-A. MONTPELLIER [n° 2].	74	Charpente (Traité pratique de). E. BARBEROT [n° 11].	660
Loi de comparaison de Froude appliquée aux navires aériens n° 3.	187	— — [n° 7].	403	Chauffage (Le) économique des appartements par l'eau chaude. A. BERTHER [n° 5].	324
Moteurs d'aviation. L. LETOMBE (<i>Supplément</i> au n° 2).	334	— — [n° 8].	456	Chaudron (L'A. B. C. du). H. MATHEU [n° 10].	596
Moteurs d'aviation. Considérations sur les). L. LETOMBE [n° 6].	334	— — [n° 9].	505	Chemins de fer coloniaux français (Les). R. GODFERNAUX [n° 4].	260
— — [n° 7].	400	Phosphates (Les) en Egypte et au Tonkin (n° 7).	434	Chemins de fer (Le matériel des) à l'exposition de Bruxelles. J.-B. FLAMME [n° 11].	660
Poussée de l'hélice (Relation entre la en marche et au point fixe n° 2).	118	Pressoirs (Rendement en jus des) (n° 2).	119	Chemins de fer et voies navigables. C. COLSON [n° 12].	724
Stabilisation des aéroplanes au moyen de gyroscopes (n° 4).	252	Saponines (Emploi des) pour la préparation des émulsions insecticides et des liquides des traitements insecticides et anti-cryptogamiques n° 7.	429	Chimie minérale (Traité de). NERNST, trad. CORVISY [n° 3].	196
Stabilisation (La) automatique longitudinale des aéroplanes. Ad. DOUTRE [n° 10].	550	Transport des denrées périssables et wagons frigorifiques (n° 8).	483	Chimie organique (Traité de). RICHTER, AUSCHUTZ et SCHOETER, trad. GAULT [n° 2].	128
Tensions des haubans des aéroplanes (Appareil de mesure des) et méthode nouvelle d'étude de l'action de l'air sur les ailes des aéroplanes. F. LARGIER n° 5.	272	— — [n° 9].	531	Chimie physique des métaux. R. SCHENCK, trad. H. LALEMENT [n° 12].	724
Trajectoires. Procédé d'observation des suivies par les éléments d'un courant d'air généré par des obstacles de forme variable n° 4.	252	Tuerie de porcs (La) d'Aubervilliers : un abattoir modèle. M. RIGOTARD [n° 6].	353	Combustion (Méthodes économiques de) dans les chaudières à vapeur. J. IZART [n° 8].	484
Vol des oiseaux. Au sujet d'une explication du. J. OLIVE n° 10.	565	Utilisation agricole des eaux d'égoût (Considérations sur l') (n° 10).	587	Commerce (Mémoires et documents pour servir à l'histoire du) et de l'industrie en France. J. HAYEM [n° 7].	486
		Végétation environnante (Reproduction expérimentale des effets du goudronnage des routes sur la) [n° 12].	718	Constructeur électricien (Le petit). H. DE GRAFFIGNY [n° 4].	260
		Vitriol vert (Emploi du) en arboriculture [n° 4].	251	Courants alternatifs (20 leçons sur les). E. NICOLAS [n° 9].	532
				Crystallographie (Leçons de). G. FRUELI [n° 10].	266
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	
				Cub	

• **NOTA.** — Les titres en plus petits caractères désignent les articles de *Chronique*, de *Documentation* et d'*Informations*.

	Pages.		Pages.		Pages.
Locomotive à distribution de vapeur dite « à équicourant », système Stumpf [n° 12]	685	Anthracine [n° 6]	358, 359,	Dissolvants de la cellulose (Les nouveaux) [n° 11]	652
Locomotives (Résultats obtenus avec les nouvelles) à marchandises à 4 cylindres égaux et à surchauffe, système Flamme, des chemins de fer de l'Etat belge, J. B. F. [n° 1]	38	Argon (Sur la préparation de l') [n° 2]	119	Distillation de la boue sèche des eaux d'égout en vue de la fabrication du gaz d'éclairage [n° 8]	479
Locomotives à vapeur surchauffée (Résultats obtenus par l'emploi des), F. D. [n° 7]	414	Atmosphère confinée (Sur une méthode de mesure du degré de viciation d'une) [n° 10]	588	Draps (Perméabilité des) [n° 2]	118
Manutention mécanique du combustible dans les grands dépôts de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, F. D. [n° 11]	631	Atoxyl (Distinction de l') [n° 7]	429	Dynamite (Le labourage à la [n° 10]	585
Matériel (Perfectionnements du) des voies ferrées [n° 4]	230	Azotures d'aluminium [n° 9]	523	Eau (Décomposition de l') par les radiations ultra-violettes [n° 5]	320
Ménisques brillants (Sur les) observés sur la table de roulement de certains rails, L. POTIN [n° 4]	344	Benzines [n° 6]	359	Eau (Sur la décomposition de l') par les métaux [n° 10]	587
Omnibus à prise de courant [n° 5]	318	Benzols [n° 6]	358	Eau (L) dans la fabrication du papier [n° 7]	428
Rails en acier au titane [n° 11]	651	Bétons (Imperméabilisation des), L. V. B. [n° 7]	415	Eaux d'alimentation (Le contrôle permanent du titre des) [n° 5]	311
Réseau rationnel de tramways (Condition à remplir dans les plans d'extension en vue d'obtenir un) F. DUBAR [n° 4]	229	Beurres anormaux (Les) [n° 9]	524	Eau (Le rôle de l') en brasserie [n° 3]	188
Série de dix types pour un réseau de chemins de fer, A. PICHOT [n° 11]	631	Blanchiment (Accidents au) [n° 5]	315	Eau pulvérisée dans les chambres de plomb, Ch. GAZEL [n° 5]	294
Signaux de la voie (De la répétition sur les locomotives des), J. NETTER [n° 2]	65	Blanchiment à l'air en cuve [n° 11]	651	Eaux (Purification des) à Washington [n° 2]	119
— — [n° 3]	142	Blanchiment (Influence du) sur le poids et la résistance des tissus [n° 12]	719	Eaux de mer (Action des) sur les ciments [n° 3]	187
— — [n° 4]	209	Blanchiment des tissus [n° 8]	479	Eau de mer (Action de l') sur le béton de ciment Portland [n° 5]	316
Traction électrique (Le contrôle des équipements de), H. MARCHAND [n° 1]	19	Bois de construction (Les altérations des), [n° 2]	117	Eau oxygénée (Préparation électrique de l') [n° 8]	477
Traction électrique par courant alternatif monophasé transformé en courant continu sur la locomotive, F. D. [n° 10]	568	Brai [n° 6]	358, 359,	Eaux résiduaires de féculerie [n° 4]	251
Traction monophasée (Résultats obtenus avec la) [n° 4]	247	Briques (Les efflorescences des) [n° 1]	57	— [n° 7]	429
Tramway à 1.200 volts courant continu [n° 7]	430	Briquettage des combustibles pauvres et des déchets de combustibles, P. B. [n° 7]	414	Eaux résiduaires de laiterie (Epurations des) [n° 5]	319
Traverses en bois, métalliques et autres, F. DUBAR [n° 3]	172	Calcium (Dosage du) [n° 11]	652	Eau (Température d'attaque de l') par les métaux alcalins [n° 5]	316
Traverses (La durée des) des chemins de fer [n° 7]	433	Canalisations du gaz à longue distance [n° 2]	118	Eaux minérales thermales (Sur une nouvelle méthode d'utilisation à distance des) [n° 10]	593
Tunnel du Loetschberg (Le percement du), D. [n° 5]	308	Caoutchouc artificiel (Sur le) [n° 1]	58	Eau de Seltz (Action de l') sur le plomb, l'étain et l'antimoine [n° 11]	654
Tunnel du Somport (La construction du) et la traversée de la chaîne des Pyrénées (Planche IV), L. D. F. [n° 6]	328	Caoutchouc (Coalescence et régénération du), J. GARGON [n° 3]	186	Ecumes de carbonatation de sucreries (Nouveau mode d'utilisation des pour la fabrication du ciment, M. R. [n° 4]	230
Turbines à vapeur (Emploi de, sur les locomotives, F. D. [n° 5]	294	Caoutchouc à la Côte d'Ivoire [n° 6]	322	Electrodes (Fabrication des) en charbon, J. GARGON [n° 4]	250
Usure ondulatoire (L) des rails, Fernand DUBAR [n° 4]	405	Caoutchouc naturel (Sur une nouvelle source de) [n° 3]	189	Empoisonnement par le cyanure de potassium [n° 3]	189
Usure ondulatoire des rails [n° 12]	719	Caoutchouc de synthèse (Le), E. G. [n° 11]	632	Empoisonnements dus à l'emploi de beurres végétaux et de margarines [n° 4]	251
Voies de chemins de fer [n° 1]	37	Caoutchouc vulcanisé (Extensibilité du) [n° 4]	255	Essence d'eucalyptus [n° 12]	717
Voies de tramways urbains [n° 3]	173	Carbone (Transformation du) en graphite [n° 12]	719	Essences (Falsifications des) [n° 12]	717
Wagons frigorifiques (Le transport des denrées périssables et les), H. G. [n° 8]	483	Celluloid (Inflammation du) [n° 6]	379	Etalon de longueur (Un) en silice [n° 10]	585
— — [n° 9]	531	Celluloides (La fabrication des) au Japon [n° 10]	586	Ethers nitreux (Sur les) de la cellulose [n° 2]	119
		Charbon (Combustion spontanée du) [n° 5]	314	Explosibilité des mélanges d'air et de gaz [n° 11]	652
		Charbon (Constituants volatils du) [n° 5]	314	Explosifs modernes (Les) : les dynamites, L. OTTENDAHL [n° 5]	287
		Chaux hydratée [n° 4]	250	Extraits tanniques (La fabrication des), leur analyse et leur emploi, L. MURNIER [n° 10]	562
		Chlore (Nouvel électrolyseur à cathode mercurielle pour la préparation du) et de la soude caustique, système Whiting, M. [n° 6]	366	— — [n° 11]	625
		Chlorures anhydres (Mode général de préparation de) [n° 3]	189	— — [n° 12]	695
		Chlorure de sodium (Electrolyse des solutions de) [n° 12]	719	Ferment bulgare [n° 2]	119
		Chlorures (La titration des) appliquée au jaugeage des débits de turbines, P. B. [n° 6]	369	Filtro-ozonatrice (Station) de Saint-Petersbourg, A. L. [n° 10]	570
		Chlorure de calcium (Dessiccation de l'air des hauts fourneaux par le) [n° 6]	377	Flotteurs sur mercure [n° 12]	717
		Ciment Portland (Les matières premières destinées à la fabrication du) [n° 4]	253	Formaldéhyde (Nouveau mode de préparation de la) [n° 4]	250
		Ciment Portland (La fabrication du) dans l'Amérique du Nord [n° 5]	316	Froid (Le) dans les industries chimiques [n° 1]	51
		Ciment (Protection du) pour le fer [n° 8]	478	— [n° 2]	108
		Colle de caoutchouc [n° 7]	429	— [n° 3]	180
		Collodion (Résistance opposée au passage des microbes par les bougies filtrantes à revêtement de) [n° 5]	319	— [n° 4]	243
		Coloration du papier en surface, WALTER [n° 10]	578	Froid (Les applications industrielles du), L. MARCHIS [Supplément au n° 5]	
		— — [n° 11]	644	Fuchsines (Procédé de préparation des) et autres colorants de la même classe [n° 11]	652
		Combustibles de faible valeur [n° 5]	314	Fumées et fumivortité [n° 11]	651
		Combustibles (Comparaison des) [n° 8]	481	Fumivortité par lavage des gaz [n° 11]	651
		Condensation (La) dans les usines à gaz [n° 7]	429	Gaz (Analyse des) sortant des cheminées d'usines [n° 9]	524
		Conservation des couleurs au moyen de l'acide formique [n° 3]	189	Gaz (Chauffage au) des fours de boulangers [n° 2]	118
		Corps émettant de la lumière pendant un certain temps après avoir été broyés ou frottés [n° 9]	525	Gaz (L'échappement des) dans les cheminées d'usines [n° 7]	433
		Corrosion des chaudières [n° 3]	189	Gaz dégagés des parois des tubes de verre, de porcelaine et de silice [n° 5]	320
		Corrosion des récipients domestiques [n° 4]	253	Gaz d'éclairage (Mélange préalable des avec l'air [n° 2]	117
		Coton-poudre, J. DELPECH [n° 12]	693	Gaz de fonderie (Utilisation des) [n° 2]	117
		Crayons des lampes à arc (Fabrication des), M. [n° 11]	636	Gaz surpressé (Essais d'éclairage au), L. V. BOURNAT [n° 3]	181
		Créosotes [n° 6]	359	Gazomètre de 200.000 m ³ de Hambourg (L'accident du) [n° 8]	478
		Cyanamide (Caractérisation de la) [n° 8]	478		
		Cyanures (Sur l'industrie des) [n° 6]	379		
		Dépôts et crasses des machines [n° 5]	314		
		Désincrustation des chaudières au moyen de l'aluminium [n° 10]	584		
		Désulfuration des vins par l'hexaméthylène-tétramine [n° 3]	188		
		Détérioration des chambres de plomb par le fluor contenu dans les blendes, M. R. [n° 11]	634		

CHIMIE ANALYTIQUE, CHIMIE APPLIQUÉE ET INDUSTRIES CHIMIQUES

(Voir aussi *Métallurgie, Teinture, Travaux Publics*)

Acétylène (Précaution à prendre dans l'emploi de l') [n° 12]	717
Acide carbonique (Dissolution de l') dans la bière [n° 9]	524
Acide citrique (L') et ses applications [n° 9]	524
Acide formique (L') de la fermentation alcoolique [n° 12]	718
Acide lactique (Action des rayons ultra-violet sur l') [n° 8]	479
Acide sulfureux liquide (Emploi de l') [n° 8]	478
Adsorption par affinité chimique [n° 1]	59
Air (L'enrichissement de l') en oxygène dans la combustion industrielle [n° 12]	713
Alliages pour acides [n° 11]	652
Alundum (L') employé comme matière réfractaire [n° 10]	592
Amidon (Purification de l') [n° 2]	119
Ammoniac (Action de l'effluve sur le gaz) sec et humide [n° 10]	588
Ammoniaque (Récupération de l') des gaz de houille et purification de ceux-ci par le procédé de Burkheiser, C. [n° 5]	296
Amorçage des dynamites, L. OTTENDAHL [n° 1]	40
Analyse (Méthode d) des corps gras [n° 2]	119
Analyse industrielle (Sur l') des gaz, G. B. [n° 8]	158

	Pages.		Pages.		Pages.
Glace artificielle (Emploi de l'électricité dans les fabriques de) [n° 3] . . .	475	Poudres B (Réfrigération et ventilation des soutes à) à bord des navires de guerre, LÉON LEFEBVRE [n° 6] . . .	325	Congrès international de l'enseignement technique supérieur (Bruxelles, septembre 1910) : analyse des rapports et communications [n° 1] . . .	62
Gomme-laque (La solubilité de la) [n° 1] . .	59	— — [n° 7] . . .	407	— [n° 2] . . .	125
Goudron de houille (L'industrie du), G. et V. [n° 1] . . .	27	— — [n° 8] . . .	445	— [n° 3] . . .	193
— — [n° 2] . . .	85	— — [n° 9] . . .	496	Congrès (II ^e) international du froid (Vienne, octobre 1910), P. B. [n° 1] . . .	51
— — [n° 3] . . .	155	— — [n° 10] . . .	545	Congrès de l'Institution des Navals Architectes, tenu à Londres, à l'occasion du cinquantenaire de l'Institution, A. MARBEC [n° 10] . . .	544
— — [n° 4] . . .	227	— — [n° 12] . . .	680	— — [n° 11] . . .	619
— — [n° 6] . . .	357	Poussières (Précipitation des) dans les industries chimiques [n° 11] . . .	651	Congrès de mécanique agricole à Paris en 1911 [n° 1] . . .	63
Goudron de houille (Chauffage au) [n° 2] . .	118	Réfractaires (Températures de fusion des substances dites) [n° 9] . . .	523	Congrès de la meunerie de 1910, à Paris [n° 1] . . .	63
Guano (Le) et son commerce, PAUL BARRÉ [n° 8] . . .	482	Résines (Solubilité des) [n° 8] . . .	428	Congrès international des mines, de la métallurgie, de la mécanique et de la géologie appliquée, tenu à Dusseldorf (juin 1910), L. DESCROIX [n° 1] . . .	47
— — [n° 9] . . .	530	Résidus de pétrole (Utilisation des) [n° 3] . .	186	Congrès (Le XVI ^e) international de tramways et de chemins de fer d'intérêt local (Bruxelles, septembre 1910), F. DUBAR [n° 2] . . .	98
— — [n° 10] . . .	594	Resinates métalliques (Les) [n° 9] . . .	524	— — [n° 3] . . .	172
Huiles de crésote [n° 5] . . .	315	Saponines (Emploi des) [n° 7] . . .	429	— — [n° 4] . . .	239
Huiles essentielles (Notes sur les) : l'essence de fleurs d'oranger [n° 4] . . .	253	Savon composé pour dégraissage [n° 12] . .	718	— — [n° 5] . . .	2 . .
Huiles provenant de la distillation du goudron de houille [n° 6] . . .	358	Savonnerie (L'industrie de la), E. BOXTOUX [n° 1] . . .	31	Exposition (L') universelle de Paris en 1920 [n° 3] . . .	195
Huiles essentielles (Sur les) : l'essence d'eucalyptus en métallurgie; falsifications des essences; variations de prix [n° 12] . . .	717	— — [n° 3] . . .	161	Exposition industrielle internationale en Russie en 1911 [n° 11] . . .	63
Huiles dites d'olives [n° 4] . . .	251	— — [n° 5] . . .	291	Exposition des applications de l'électricité aux chemins de fer à Saint-Petersbourg en 1911 [n° 1] . . .	63
Huiles (Action des) sur les fers et aciers, J. GARÇON [n° 8] . . .	477	— — [n° 7] . . .	413	Exposition internationale de Turin en 1911, G. MONIN [n° 12] . . .	722
Hydrate aluminique (Précipitation granulaire de l') [n° 5] . . .	315	— — [n° 8] . . .	462	Exposition de Turin (La force motrice à l'), [n° 10] . . .	581
Hydrates de carbone (Dégradation biologique des) [n° 2] . . .	119	— — [n° 9] . . .	507	Exposition de Turin (Les derniers types de locomotives à l'), L. F. [n° 12] . . .	683
Hydrocarbures (Emmagasinage et vente des) [n° 5] . . .	257	Séchage du malt [n° 12] . . .	719	Salon international de l'automobile (Le XII ^e), G. LUMET [n° 1] . . .	34
Hydrogène (Fabrication de l') pour le gonflement des ballons en Allemagne [n° 4] . .	252	Silice (Dosage de la) dans les argiles et briques réfractaires [n° 5] . . .	316		
Hydrosulfites (Sur les) [n° 6] . . .	378	Silicite (La) [n° 8] . . .	478		
Indigo (Le rougissement de l') par les hydrosulfites, E. G. [n° 12] . . .	697	Silico-calcaires (Les), F. D. [n° 6] . . .	361		
Krypton (Méthode spectrophotométrique de dosage du) [n° 5] . . .	320	Soufre (Détermination rapide du) dans le gaz d'éclairage [n° 8] . . .	478		
Lactate stannique (Enlèvement blanc au) sur mordant de chrome destiné à la teinture [n° 8] . . .	479	Spectroscopie (Emploi de la) dans l'industrie chimique, Eug. GRANDMOUGIN [n° 8] . . .	457		
Lait végétal (Le) [n° 5] . . .	315	Sulfate d'ammoniaque (Nouveau mode de préparation du), M. R. [n° 7] . . .	415		
Levure de bière (Recherches sur la) [n° 7] . .	430	Sulfate de baryum et fluorure de calcium plastiques [n° 8] . . .	478		
Lumière ultra-violet (Décomposition de la) [n° 2] . . .	119	Sulfate de cuivre (Électrolyse du) [n° 11] . .	652		
Manchons à incandescence (Essai des) [n° 3] . .	187	Taches d'huile minérale [n° 7] . . .	423		
Mesure des quantités infinitésimales [n° 8] . .	477	Températures (Les très basses) en chimie [n° 6] . . .	378		
Mordantage des colorants de cuve sur l'indigo et les couleurs de l'alizarine [n° 3] . . .	188	Terre (Action de la) sur le béton armé [n° 5] . . .	316		
Mortiers mal composés (Conséquences de l'usage des) [n° 10] . . .	586	Tétrachlorure de carbone (Emploi du pour le dégraissage) [n° 8] . . .	479		
Naphtaline [n° 6] . . .	360	Tissus artificiels ou tissus chimiques [n° 8] . .	477		
Néon (Tubes luminescents au) [n° 7] . . .	431	Tubes (Substitution des) de cuivre aux tubes de plomb dans la distribution des eaux potables [n° 7] . . .	479		
Nettoyage des moulages en plâtre [n° 7] . . .	430	Vanille (Action des rayons ultra-violet sur les gousses vertes de) [n° 8] . . .	479		
Nickelage (Sur le) [n° 7] . . .	428	Vapeur d'eau (Action de la) sur le carbone en présence de la chaux [n° 5] . . .	316		
Nitrates (Action des) dans la fermentation alcoolique [n° 1] . . .	59	Vernis inaltérable pour bacs d'accumulation [n° 8] . . .	475		
Nitrification par les rayons ultra-violet [n° 4] . . .	253	Vernis pour graveurs sur cuivre [n° 12] . . .	718		
Nitrocelluloses, J. DELPECH [n° 12] . . .	693	Verre (Altération du) à l'air [n° 4] . . .	250		
Norgine (La), nouveau produit servant à apprêter les tissus [n° 5] . . .	315	Verre creux (La fabrication des grandes pièces en) et les procédés modernes de soufflage du verre, A. GRANGER [n° 11] . . .	597		
Oxydes (Nature des) qui colorent le saphir [n° 2] . . .	119	— — [n° 12] . . .	691		
Oxygène (Influence des impuretés de l') sur les effets du chalumeau [n° 9] . . .	523	Verres d'éclairage (Fabrication des) [n° 11] . .	653		
Panification (La) et les pétrins mécaniques, J. A. MONTPELLIER [n° 2] . . .	74	Vitriol vert (Emploi du) en arboriculture [n° 4] . . .	251		
— — [n° 7] . . .	403				
— — [n° 8] . . .	443				
— — [n° 9] . . .	505				
Peintures sur bois et sur fers ou aciers, [n° 3] . . .	187				
Peinture (Formule de) [n° 7] . . .	429				
Persulfates (De la densité de courant pour la fabrication industrielle des), E. DE LAMBERTERIE [n° 1] . . .	42				
— — [n° 2] . . .	102				
Pétrole (Le) et le charbon pour la propulsion des navires [n° 7] . . .	434				
Pétrole (Nouvel emploi du) [n° 4] . . .	230				
Phénols [n° 6] . . .	360				
Phosphates (Les) en Egypte et au Tonkin [n° 7] . . .	434				
Phototypie [n° 6] . . .	379				
Pierres artificielles (Constructions en), J. GARÇON [n° 6] . . .	379				
Poudre B (Comment on peut perfectionner la), J. DELPECH [n° 12] . . .	693				

CONCOURS

Concours d'appareils militaires d'aviation [n° 2] . . .	127
Concours des œuvres sociales [n° 3] . . .	195
Concours pour le sauvetage des équipages de sous-marin [n° 2] . . .	127

CONGRÈS. EXPOSITIONS
ASSOCIATIONS

Association française pour la destruction du varron des cuirs [n° 3] . . .	195
Commission électrotechnique internationale [n° 3] . . .	195
Congrès de l'apprentissage de Roubaix de 1911, P. JANNETAZ [n° 8] . . .	482
Congrès international des chemins de fer (La VIII ^e session de l'Association du), Berne, juillet 1910, Fernand DUBAR [n° 1] . .	37
— — [n° 2] . . .	97

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE
ET COMMERCIALE(Voir aussi *Législation et Statistiques*.)

Apprentissage (Le Congrès de l') de Roubaix de 1911, P. JANNETAZ [n° 8] . . .	482
Brevets d'invention (L'examen préalable des), G. LAINEL [n° 2] . . .	125
Commerce (voir : STATISTIQUES.)	
Commerce de la France en 1910 [n° 5] . . .	322
— [n° 10] . . .	659
Electricité (L') dans la région parisienne [n° 12] . . .	723
Exploitation moderne (L') d'un grand réseau de chemins de fer aux Etats-Unis, G. F. [n° 3] . . .	115
— — [n° 4] . . .	211
— — [n° 7] . . .	392
— — [n° 8] . . .	149
Industrie (L') dans le Turkestan, Aug. LIÉVIN [n° 10] . . .	595
Manufacture canadienne d'armes à feu (Résultats de la réorganisation d'une), L. D. [n° 7] . . .	423
Organisation (Principes généraux de l') systématique des machines et des usines, E. BELOT [n° 10] . . .	547
Rendement des entreprises industrielles russes par actions de 1902 à 1907, A. L. [n° 6] . . .	385
Répartition de la vente entre les exploitants de potasse en Allemagne, M. BELLOM [n° 2] . . .	93
— — [n° 3] . . .	164
Répertoire pour favoriser le développement de l'exportation française [n° 2] . . .	127
Salaires (Nouvelle formule des) et application au cas d'entretien des voies de chemins de fer (Planche V), L. POTIN [n° 9] . . .	488
Série de prix types pour un réseau de chemins de fer, A. PICHOT [n° 11] . . .	631
Transport des charbons [n° 3] . . .	192

	Pages.		Pages.		Pages.
Transport des denrées périssables et wagons frigorifiques, G. T. [n° 8]	432	Contrôle des ascenseurs électriques [n° 11].	653	Filatures (Emploi de l'électricité dans les) [n° 9].	526
— — [n° 9].	531	Contrôle automatique pour moteurs à courant continu [n° 11].	653	Four électrique (L'acier fabriqué au) aussi économiquement que l'acier Bessemer [n° 11].	656
ÉLECTRICITÉ					
(Voir aussi <i>Electrochimie et Télégraphie et téléphonie.</i>)					
Accidents dus à l'électricité dans les mines anglaises [n° 6].	384	Contrôle des équipements de traction, H. MARCHAND [n° 1].	19	Four électrique, système Nathusius, L. V. B. [n° 2].	99
Agriculture (Utilisation de l'électricité en), [n° 3].	183	Convertisseurs en cascade [n° 11].	653	Four électrique à chauffer les barres [n° 6].	383
Aimants permanents, A. V. [n° 4].	234	Corrosion électrolytique (Applications industrielles de la), L. V. B. [n° 10].	582	Four électrique d'affinage Hirth [n° 6].	383
Alliages aluminium-magnésium (Sur les propriétés électriques des) [n° 3].	189	Courants de grande intensité (Mesure absolue des) [n° 2].	120	Four électrique (Production au) de la fonte brute [n° 7].	432
Amortissement du bruit et des trépidations des machines électriques [n° 8].	474	Courant continu (Faut-il employer le) ou le courant alternatif pour la commande des grues? [n° 9].	521	Four électrique (Réduction directe du minéral de fer au), C. [n° 7].	421
Appareil pour la mesure graphique et rapide du coefficient de glissement des moteurs d'induction système Andrault, L. V. B. [n° 8].	465	Courbe (Influence de la forme de la) de la force électromotrice sur la durée de vie et la consommation des lampes à incandescence, L. V. B. [n° 4].	234	Four électrique pour la fusion du zinc [n° 8].	477
Automotrices à courant monophasé à 6 000 volts des chemins de fer du Sud de la France, F. D. [n° 11].	629	Crayons (Fabrication des) des lampes à arc, M. [n° 11].	636	Four à induction (Le) dans l'industrie du fer et de l'acier [n° 7].	432
Batteries d'accumulateurs (Dispositif de charge pour) [n° 1].	57	Décharges atmosphériques (Etude analytique des) au travers des câbles [n° 3].	189	Fours à induction (Frais de production des aciers électriques avec les) [n° 10].	590
Batteries (Conditions affectant le fonctionnement des) [n° 8].	479	Désélectrisation (Nouveau procédé de) des matières textiles au moyen des courants électriques de haute fréquence [n° 5].	318	Freinage des appareils de levage électriques, L. V. B. [n° 8].	475
Béton armé (Effets des courants électriques sur le) [n° 5].	316	Destruction des isolants par ozonisation [n° 3].	190	Fréquence-mètre indicateur à grande sensibilité et faible consommation [n° 5].	318
Bloc-système (Perfectionnements aux appareils du), J. NETTER [n° 10].	566	Détecteur Winkey (Protection des installations électriques dans les mines au moyen du) [n° 6].	384	Galet de trolley à graissage constant automatique, A. L. [n° 2].	100
Bobines de self (Emploi des) pour protéger les installations à turbo-générateur [n° 10].	583	Direction (La) des machines d'extraction : moteurs de laminoirs et de centrales à courants triphasés, L. D. [n° 5].	297	Glace artificielle (Emploi de l'électricité dans les fabriques de) [n° 8].	475
Cabestans électriques (Emploi de) dans l'industrie [n° 3].	183	Distributions d'énergie électrique (Arrêtés concernant les) [n° 6].	385	Glissement des moteurs d'induction (Méthode graphique et rapide de mesure du) [n° 2].	120
Câbles électriques (Essais de) [n° 1].	60	Eclairage électrique : consommation comparée avec les autres sources d'éclairage, [n° 2].	113	Groupes électrogènes automobiles et projecteurs électriques, A. ROUSSIER [n° 4].	218
Câbles (Les) à haute tension, L. V. B. [n° 5].	298	Eclairage électrique par lampe à arc-flamme [n° 4].	254	— — [n° 5].	270
Câbles à haute tension (Nouveau système de protection pour), L. V. B. [n° 10].	570	Eclairage électrique (Perfectionnements dans l'industrie de l') [n° 10].	588	Groupe électrogène (Du choix d'un) à pétrole [n° 7].	426
Canalisation (De l'agencement des) dans les usines [n° 1].	56	Eclairage électrique des trains [n° 10].	589	Grues électriques du port d'Anvers, M. [n° 11].	634
Canalisations (Essai des) souterraines après pose [n° 2].	120	Eclairage à incandescence réalisant une économie très notable sur les lampes à filament de charbon [n° 9].	525	Grues électriques d'aciérie [n° 12].	719
Catégories officielles et mise à la terre du point neutre [n° 5].	312	Economiseurs à courant continu, E. SOUPY [n° 7].	426	Havanes électriques dans la Nouvelle-Galles du Sud [n° 5].	308
Champs magnétiques (Sur la mesure des) en valeur absolue [n° 10].	590	Efforts exercés sur un conducteur par le courant qui le traverse [n° 3].	190	Houille blanche (La) [n° 4].	258
Charbonnages (L'électricité dans les) [n° 9].	528	Egalisation (Le problème de l') des charges et sa solution électro-mécanique [n° 11].	648	Hystérésis dans les champs alternatifs dissymétriques [n° 10].	590
Chauffage électrique appliqué à la cuisine [n° 10].	589	Electricité (L) dans les mines au Mexique [n° 7].	434	Industrie électrique en Italie en 1909 [n° 3].	194
Chauffage électrique (Les appareils de) pour les usages domestiques [n° 10].	590	Electricité (L) dans la région parisienne [n° 12].	723	Industrie électrique au Japon [n° 4].	259
Commande électrique des petits laminoirs [n° 8].	480	Electrification (L) des lignes de chemins de fer de l'Etat dans la banlieue ouest de Paris, E. JANIN (Planche III) [n° 5].	266	Industrie électrique en Suède [n° 5].	323
Commande électrique des métiers à filer, [n° 7].	425	Electrification (L) du réseau pyrénéen de la Compagnie des chemins de fer du Midi, J. A. MONTELLIER [n° 1].	5	Inondation (L) de janvier 1910 et le matériel électrique [n° 2].	120
Commande électrique (La) des raboteuses, G. MANESSIER [n° 4].	231	Electification d'une section suburbaine du chemin de fer London-Brighton [n° 9].	526	Installations électriques des aciéries de l'Eicher-Hüttenverein, Le Gallais-Metz, M. [n° 9].	513
Commande électrique (La) dans les usines textiles, Edouard FONTIGNY [n° 8].	442	Electro-aimant de levage [n° 12].	715	Installations électriques (Les) du chemin de fer souterrain du Nord-Sud, G. DROMEL [n° 6].	341
— — [n° 9].	502	Electrodes en charbon (Fabrication des), J. GARCON [n° 4].	250	— — [n° 7].	401
Commande électrique appliquée à la direction des navires [n° 11].	653	Electro-siderurgie (Progrès récents en) [n° 12].	720	Installations électriques (Développement des) de Brighton [n° 10].	588
Commande électromécanique à distance, [n° 4].	247	Electrotechnique (Problèmes à étudier en) [n° 10].	588	Installations hydro-électriques du tunnel du Somport, L. D. F. [n° 6].	329
Commande individuelle (Economie d'établissement par) [n° 1].	56	Elément primaire Benko (L) et ses applications [n° 9].	525	Interrupteurs à huile [n° 4].	254
Compensatrice (Nouvelle), système Westinghouse, M. [n° 4].	233	Embrayages magnétiques [n° 6].	376	— — [n° 9].	525
Compoundage des alternateurs au moyen de soupapes électrolytiques [n° 4].	253	Energie électrique (L) aux mines de Lens [n° 2].	123	Interrupteur pour la production des courants alternatifs système Cohen [n° 8].	465
Compteurs de courant (Résultats obtenus par l'emploi de) sur les voitures, F. DEBAR [n° 5].	294	Enroulements appliqués aux dynamos et aux moteurs électriques, E. SOUPY [n° 5].	312	Interrupteurs (Recherches sur les) à haute et basse tension [n° 5].	317
Compteurs d'énergie électrique (Conditions des types de) [n° 1].	62	Enroulements (Action chimique exercée sur les) des machines de haut voltage [n° 5].	316	Isolants (Les) dans les champs alternatifs de haute fréquence, L. V. B. [n° 5].	299
Condensateurs industriels (Les applications récentes des), G. FERROUX [n° 3].	147	Equipement électrique à vitesse réglable pour appareil de levage, système Bergmann, M. [n° 1].	41	Isolateurs de porcelaine (Influence de la température sur la résistance diélectrique des), L. V. B. [n° 7].	416
— — [n° 4].	216	Etalon magnétique Cambridge, M. [n° 7].	415	Labourage électrique, P. [n° 2].	101
Conduites d'eau (Moyen de degeler les) par l'électricité [n° 3].	183	Etalons Weston et Latimer-Clark [n° 3].	189	Laminé électromécanique [n° 9].	521
Construction d'une ligne de transport d'énergie électrique dans la traversée de la commune de Montdragon (Tarn), Joseph LATOUR [n° 8].	440	Etuves destinées au matériel électrique [n° 5].	311	Lampe à arc (Nouveau type de) à cathode de mercure et à lumière blanche [n° 4].	254
		Filaments métalliques (Procédés actuels de préparation des) pour lampes à incandescence, J. ESCARD [n° 10].	539	Lampes à filaments métalliques [n° 6].	380

Digitized by Google

HYDRAULIQUE

(Voir aussi *Mécanique et Travaux publics et maritimes.*)

	Pages.
Ascenseur hydraulique pour bateaux, F. DUBAR [n° 12]	701
Barrages du district de la Ruhr [n° 1]	49
Barrages et siphons automatiques [n° 12]	702
Canal de Panama (Les travaux du) [n° 5]	321
Conduites d'eau (Moyen de dégeler les) par l'électricité [n° 3]	183
Crues et inondations, G. DARIÈS [n° 4]	197
Eau (La lutte pour la possession de l') [n° 2]	119
Eaux (L'épuration des) destinées à l'alimentation des villes [n° 5]	301
Eaux (Purification des) à Washington [n° 2]	119
Houille blanche (La) [n° 4]	258
Pistons (Etablissement des) de presses hydrauliques [n° 2]	111
Puits (Théorie des) ordinaires dans les terrains perméables en petit [n° 5]	320
Titration des chlorures appliquée au jaugage des débits de turbines, P. B. [n° 6]	369
Transmission hydraulique, système Jeanney, L.-V. BOURNAT [n° 5]	301
Transmission hydraulique, système Fottinger, L.-D. [n° 7]	416
Turbines hydrauliques (Les) : généralités, fonctionnement, calcul de leurs éléments, Marc RIVIÈRE [n° 6]	367
Vagues de la mer (Utilisation pratique de l'énergie cinétique des), J.-A. MONTPELLIER [n° 2]	105
Vitesse de l'eau (La transformation de la) en pression, L. V. B. [n° 7]	416

HYGIÈNE INDUSTRIELLE ET URBAINE

Bougies filtrantes (Résistance opposée au passage des microbes par les) à revêtement de collodion [n° 5]	319
Distillation de la boue sèche des eaux d'égout en vue de la fabrication du gaz d'éclairage [n° 8]	479
Eau de Seltz (Action de l') sur le plomb, l'étain et l'antimoine; causes d'intoxication par altération chimique [n° 11]	654
Épuration des eaux destinées à l'alimentation des villes, M. [n° 5]	301
Épuration des eaux d'égout (Les phénomènes d') par le sol et par les lits bactériens [n° 7]	429
Épuration des eaux résiduaires de laiterie [n° 5]	319
Fumées (Prévention industrielle des) [n° 12]	711
Fumées (Suppression des) [n° 11]	654
Fumée (De la) des locomotives dans Chicago [n° 6]	381
Humidité (L') dans les constructions et procédés pour y remédier [n° 6]	381
Hygiène dans l'industrie de la coupe de poils [n° 10]	594
Hygiène et sécurité des travailleurs, décret du 2 juin 1911 [n° 9]	530
Infection charbonneuse (Mesures d'hygiène contre l') [n° 2]	126
Station filtrante de Saint-Petersbourg, A. L. [n° 10]	570
Sterilisation de l'eau par les rayons ultraviolets (Nouvelles recherches sur la) [n° 1]	60
— [n° 2]	123
Usine municipale (La nouvelle) de désinfection de la Ville de Paris, E. F. [n° 9]	515

LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION INDUSTRIELLES

Brevets d'invention (L'examen préalable des), G. LAINEL [n° 2]	125
Brevets d'invention (Législation des) en Hollande [n° 5]	321
Carat (Modification du poids du) [n° 3]	194
Comité central des armateurs (Décisions du) [n° 3]	194
Compteurs d'énergie électrique (Arrêté fixant les types de) [n° 1]	62
Concessions de travaux publics [n° 6]	385
Dessins et modèles [n° 10]	594
Distributions d'énergie électrique (Arrêté concernant les) [n° 6]	385

Etablissements frigorifiques au Paraguay (Loi sur les) [n° 5]	321
Heure légale (La nouvelle) en France [n° 4]	257
Hydrocarbures (Emmagasinage et vente des) [n° 4]	257
Hygiène dans l'industrie de la coupe de poils [n° 10]	594
Hygiène et sécurité des travailleurs [n° 9]	530
Infection charbonneuse (Mesures d'hygiène contre l') [n° 2]	126
Mines de combustibles (Règlement sur l'exploitation des) [n° 11]	658
Redevances des concessionnaires de mines [n° 3]	194
Repos des spécialistes dans les usines à feu continu [n° 3]	194
Travail des enfants et des femmes [n° 3]	194

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

(Voir *Travaux publics et Essais industriels.*)

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

Abaques pour le calcul des constructions en béton armé, A. CANNIC [n° 2]	78
Abaque pour le calcul de la hauteur atteinte par un aéroplane, L. POTIN [n° 2]	96

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE

MOTEURS

OUTILLAGE ET MACHINES-OUTILS

(Voir aussi *Chemins de fer et Physique industrielle.*)

Accouplement élastique (Nouvel), L. D. [n° 4]	237
Aphégraphie (L'), son emploi et ses applications [n° 9]	527
Alimentation automatique des chaudières [n° 7]	425
Alimentateurs automatiques pour chaudières, J. IZART [n° 11]	647
Appareil à couper les tubes, système Gallon [n° 1]	46
Appareil de levage à aimants [n° 2]	115
Appareils (Les) de levage et de manutention, E. PACORET (Bibliothèque de <i>La Technique Moderne</i> , fascicule IV)	121
Arrêt des machines marines [n° 2]	319
Ascenseur hydraulique pour bateaux, F. DUBAR [n° 12]	701
Câbles en cuir à torons pour la transmission de la force motrice, L. V. B. [n° 4]	234
Caoutchouc vulcanisé (Sur l'extensibilité du) [n° 4]	255
Centrage (Le) sur le tour, L. D. [n° 10]	573
Chaudières à combustion catalytique [n° 12]	709
Chaudières à foyer intérieur (L'amélioration du rendement des) [n° 6]	375
Chaudières (Le chauffage des) au charbon pulvérisé L. D. [n° 11]	640
Chaudières (Dispositif interne pour réchauffage des) à vapeur par la naphte, A. LIÉVIX [n° 11]	644
Chaudières (Transmission de la chaleur dans les) [n° 11]	657
Chaufferie (Ce qu'il faut contrôler dans une) [n° 10]	581
Commande par courroie (Nouvelle théorie de la) [n° 1]	55
Compresseur d'air Delsuc [n° 2]	121
Compresseurs d'air pour la perforation des grands souterrains, H. VILLETARD [n° 11]	622
Compresseurs centrifuges (Calculs des), Ch. LEMALE [n° 11]	600
Compresseur double (Un nouveau), système Sulzer, G. R. [n° 10]	571
Compresseurs ventilateurs, Ch. LEMALE [n° 5]	262
Compresseurs et ventilateurs de mines [n° 1]	48
Compteur d'eau (Nouveau) à basculement [n° 8]	473
Condenseurs de vapeur (Refroidissement de l'eau de circulation des) [n° 10]	593

Conduites (Les coups d'eau dans les) [n° 11]	647
Congrès international des mines, de la métallurgie, de la mécanique et de la géologie appliquée, tenu à Dusseldorf (juin 1910) : section de mécanique, L. Descroix [n° 1]	47
Courroies en acier (Les) [n° 11]	647
Courroies de cuir (L'emploi des), L. V. B. [n° 7]	420
Courroies (Deux manières de coudre les), L. D. [n° 7]	420
Cylindre de vapeur fissuré (Curieuse réparation à un), L. D. [n° 4]	236
Déclics Corliss (Evolution des) aux Etats-Unis [n° 2]	121
Densité (Mesure industrielle de la) et du débit des gaz [n° 4]	245
Différentiel (Etude sur le), Capitaine RENAUD [n° 5]	264
Durété des aciers (Recherches sur la), parallèle entre la durété et la résilience, Capitaine GRARD [n° 6]	373
Dynamomètre de transmission André Wallon [n° 2]	121
Eaux d'alimentation (Le contrôle permanent du titre des) [n° 5]	311
Eau de condensation (Contrôle automatique de l') [n° 1]	54
Economiseurs (La transmission thermique dans les) [n° 11]	647
Élévateurs magnétiques [n° 9]	527
Équilibrage (De l') des organes mécaniques, R. FILLOCHÉ et Georges LÉVY [n° 1]	16
— [n° 2]	71
Équipement électrique à vitesse réglable pour appareil de levage, système Bergmann, M. [n° 1]	41
Essais comparés (Méthodes d') des machines à vapeur et des moteurs à gaz [n° 6]	381
Etau pour plaques, L. D. [n° 4]	236
Force motrice (La) à l'exposition de Turin, J. IZART [n° 10]	581
Forgeage mécanique (Le), André VIDAL [n° 10]	575
Foyer Savary pour la combustion économique des fines et poussières [n° 1]	49
Foyers mécaniques (La combustion dans les) [n° 7]	433
Fraiseuses (Rendement des) [n° 7]	442
Freinage des appareils de levage électriques, L. V. B. [n° 8]	475
Fumivore (Dispositif) simple pour foyer de chaudière à tubes de fumée, L. D. [n° 7]	419
Gazogènes (Action de la vapeur d'eau dans les) [n° 10]	592
Gazogènes (Rendement des) [n° 9]	528
Gazogène (Considérations qui doivent prescrire au choix d'un) à gaz mixte pour force motrice [n° 12]	713
Générateurs de vapeur (Fonctionnement interne des), M. EMANAU [n° 3]	152
— [n° 4]	220
— [n° 6]	355
Générateurs de vapeur (Sur le tirage rationnel des), J. IZART [n° 11]	604
— [n° 12]	687
Grues (Équipement des) de chargement et déchargement [n° 3]	191
Grues des chantiers de Saint-Nazaire [n° 6]	365
Grues électriques d'aciéries [n° 12]	719
Gyroscope (Application du) à la prise des vues cinématographiques [n° 2]	124
Gyroscope (Sur l'emploi du) dans la marine [n° 5]	319
Helices transporteuses (Les) [n° 9]	519
Immersion automatique des soutes à poudre B. J. de LASTOURS [n° 12]	704
Indicateur dynamométrique (Mouvement reducteur pour l'application de l') aux moteurs à gaz [n° 4]	245
Indicateur enregistreur les pressions exercées dans les poinçonneuses [n° 3]	190
Joint de dilatation pour conduites [n° 7]	425
Joints pour presses hydrauliques [n° 1]	53
Levage (Electro-aimant de) [n° 12]	715
Machines (Les) au concours général agricole de Paris de 1910, H. PILLAUD [n° 5]	283
Machine à détartre les tubes d'économiseurs [n° 5]	311
Machines à échappement central [n° 5]	310

	Pages.		Pages.		Pages.
Machine à emballer automatique, P. B. [n° 7]	419	Pétrins mécaniques (La panification et les), J.-A. MONTPELLIER [n° 7]	403	Aciers au chrome [n° 12]	721
Machine pour l'essai des coussinets au frottement [n° 1]	55	— — [n° 8]	456	Acier au manganèse, L. D. [n° 7]	421
Machines frigorifiques (Les), L. MARCHIS [Supplément au n° 5] II.		— — [n° 9]	505	Acier (L' fabrication au four électrique aussi économiquement que l'acier Bessemer [n° 11]	656
Machine frigorifique à vide Westinghouse-Leblanc, Ch. JACQUIN [n° 4]	241	Pistons Etablissement des) de presses hydrauliques [n° 2]	111	Acier électrique (Propriétés caractéristiques de l') [n° 4]	248
Machines frigorifiques diverses [n° 1]	51	Pompes centrifuges (Emploi des) dans les mines [n° 7]	432	Aciers électriques (Frais de production des) avec les fours à induction [n° 10]	590
— [n° 5]	279	Pompe à explosion de Humphrey [n° 10]	582	Acier (Influence de la composition et du traitement thermique sur l') [n° 4]	256
— [n° 9]	498	Presse pneumatique pour le débridage des ressorts à lames, E. F. [n° 7]	418	Acier (Production de l') en France en 1910 [n° 7]	434
Machines à glace récentes [n° 12]	713	Pressions sur les tubes [n° 4]	255	Aciers spéciaux dans les chemins de fer (Les) [n° 1]	37
Machines marines à pistons et turbines combinées, M. D. [n° 5]	274	Production économique de puissance motrice par l'emploi de machines à vapeur surchauffées placées sur la chaudière même [n° 12]	721	Acier spécial (Etude d'un) de cémentation, Pierre BREUIL [n° 9]	494
Machine mi-fixe compound, système R. Wolff, M. [n° 9]	516	Raboteuses (Moteurs réversibles pour) [n° 12]	719	— — [n° 10]	555
Machines semi-fixes (Les progrès des), [n° 8]	473	Régulateur automatique de vitesse pour moteur de ventilateur, de pompe, de compresseur, etc., système Cutler-Hammer-Mason, M. [n° 3]	173	Acier au nickel à 3 % (Propriétés de l') sous différents traitements thermiques, H. L. [n° 8]	472
Machine à sonder (Sur une nouvelle [n° 11]	654	Régulateurs de pression des gaz (Deux formes très simples de) [n° 11]	655	Acieries (Moteurs à courant alternatif pour les) [n° 12]	719
Machines à vapeur (L'état actuel de la construction des) [n° 11]	302	Régulateur rotatif à vitesse fixe ou variable [n° 2]	122	Acieries (Installations électriques des) de l'Eicher-Hottenverein, Le Gallais-Metz, M. [n° 9]	513
Machine à vapeur tandem à soupapes de 1000 chevaux, système Bollinckx, M. [n° 5]	654	Rendement de combustion et rendement des chaudières [n° 1]	54	Affinage électrique de l'acier [n° 5]	306
Machine à vapeur à distribution par le piston [n° 11]	677	Ressorts à boudins (Groupes des), A. NACHTERGAL [n° 11]	235	Alliages pour acides [n° 11]	652
Machines à vapeur et moteurs à explosion pour la propulsion des navires, M. D. [n° 12]	245	Rivetage des tôles de chaudière, L. D. [n° 4]	236	Alliages aluminium-magnésium (Propriétés électriques des) [n° 3]	189
Mandrinage des brides [n° 4]	720	Rupture d'un cylindre par coup d'eau, L. D. [n° 4]	424	Alliages en aluminium (Repères pour la fabrication de) [n° 11]	650
Manivelle de sûreté pour appareils de levage et moteurs à explosion [n° 12]	55	Souffleries à vapeur (Rendement pratique des) [n° 7]	236	Alliages d'aluminium et zinc [n° 11]	657
Meulage (Le) [n° 1]	95	Tampon de choc pour ponts roulants, L. D. [n° 4]	592	Alliages blancs antifriction pour coussinets (Quelques essais sur les) [n° 3]	185
Moteurs d'automobile (La puissance des), C. LONGUE [n° 2]	167	Tirage équilibré [n° 10]	394	Alliages de bronze et de laiton pour pièces mécaniques [n° 2]	112
Moteurs d'automobile (Calcul des pistons pour), C. LONGUE [n° 3]	334	Tournage automatique des cylindres de lami-noirs et de toute pièce cylindrique en général, Capitaine P. GORGEU [n° 7]	47	Alliage de cuivre ayant la dureté de l'acier et une résistance considérable à la traction [n° 4]	240
Moteurs d'aviation (Considérations sur les), L. LETOMBE [n° 6]	400	Tracteurs et transporteurs de mines [n° 1]	54	Alliages de fer (Propriétés magnétiques des), [n° 11]	650
Moteurs (Les) à combustibles liquides : moteurs d'automobiles et d'aviation, moteurs industriels et marins, L. LETOMBE [Supplément au n° 2]	319	Transmission de la chaleur dans la condensation pour surface, P. BREUIL [n° 1]	301	Aluminium (Altérabilité de l') [n° 4]	256
Moteurs à combustion interne (Diesel, etc.) [n° 5]	121	Transmission hydraulique, système Janney, L. V. BOURNAT [n° 5]	720	Antifriction (Nouvel) [n° 4]	240
Moteurs désaxés (Sur les) [n° 2]	655	Transport continu (Service de) [n° 12]	572	Appareils de levage à aimants (Les) en métallurgie [n° 2]	115
Moteur Diesel (Le) [n° 11]	98	Transporteurs, système A. Bleichert, M. [n° 10]	261	Augmentation de volume des fontes [n° 8]	476
Moteurs Diesel et à combustibles autres que le charbon (Stations centrales à gaz pauvre, à), F. DUBAR [n° 2]	431	Turbines et compresseurs ventilateurs, Ch. LEMALE [n° 5]	68	Briques Dinas (La résistance au feu des), [n° 5]	313
Moteur Diesel (Le) à bord des navires de haute mer [n° 7]	525	Turbines (Evolution de la chaleur dans les), Ch. LEMALE [n° 2]	304	Briquetage des copeaux de fonte et de fer et leur fusion au cubilot [n° 3]	184
Moteurs Diesel (L'emploi des) dans les installations électriques [n° 9]	705	Turbines à gaz (La régulation des), L. V. B. [n° 5]	370	Bronzes d'aluminium à haute résistance (A propos des), H.-G. DURVILLE [n° 7]	427
Moteurs Diesel (Recherches thermodynamiques sur les) à marche rapide, L. V. B. [n° 12]	56	— — [n° 6]	417	Calcium (Emploi du) et du molybdène pour augmenter la résistance des fils de cuivre [n° 9]	527
Moteurs à gaz (Les premiers grands) des aciéries américaines [n° 1]	707	— — [n° 7]	721	Cassure d'un brasage [n° 12]	721
Moteurs à gaz à deux temps (Gros), L. V. B. [n° 12]	121	Turbines hydrauliques (Les) : généralités, fonctionnement, calcul de leurs éléments, Marc RIVIÈRE [n° 6]	367	Cémentation des aciers au nickel [n° 12]	721
Moteurs marins au pétrole lampant [n° 2]	443	Turbines du scout anglais « Bristol », P. LORAIN [n° 1]	44	Cémentation du fer par le carbone solide [n° 12]	720
Moteurs pour commande de machines textiles, Ed. FONTIGNY [n° 8]	47	Turbines (Titration des chlorures appliquée au jaugeage des débits de), P. B. [n° 6]	369	Chauffage des fours Martin avec les gaz des fours à coke [n° 5]	313
Moteurs de mines [n° 1]	255	Turbines à vapeur (Emploi de) sur les locomotives, F. D. [n° 5]	294	Colorer les métaux (Des procédés à employer pour), A. VIDAL [n° 11]	641
Moteurs à pétrole (Classement des) [n° 4]	60	Turbines à vapeur (Pertes d'énergie et chute de pression dans les) [n° 10]	593	— — [n° 12]	708
Moteurs à pétrole sans soupapes (Quelques) [n° 1]	35	Turbine à vapeur de puissance réduite et de rendement élevé [n° 12]	714	Commande électrique des petits laminoirs [n° 8]	480
Moteurs et transmissions d'automobiles, G. LUMET [n° 1]	571	Turbo-compresseur Application économique du) actionné par une turbine [n° 5]	319	Congrès international des mines et de la métallurgie, tenu à Dusseldorf juin 1910, L. DESCROIX [n° 1]	47
Moteur du type à flotteurs, actionné par les vagues, L. D. [n° 10]	177	Turbo-générateur de 9000 kw (Essais d'un) [n° 1]	54	Corrosion (Influence de la température sur la) des métaux [n° 11]	656
Moulins à vent (De l'utilisation des) pour la production de l'électricité et les expériences d'Askov, P. B. [n° 3]	517	Tuyaux ondulés à grande élasticité [n° 12]	713	Corrosion (Prévention de la) du fer par l'électrolyse [n° 1]	57
Organisation (Principes généraux de l') systématique des machines et des usines, E. BELOT [n° 10]	419	Valve (Nouveau système de) [n° 7]	425	Corrosion du fer [n° 8]	476
Outil pour tenir les vis sans tête, L. D. [n° 7]	112	Vapeur surchauffée (Sur la valeur du coefficient de vapeur pour la) [n° 1]	54	Corrosion des fers et aciers [n° 11]	657
Paliers à billes dans la construction des machines-outils [n° 2]	346	Vis (Nouvelle méthode de fabrication des), L. D. [n° 7]	419	Corrosion du laiton [n° 11]	657
Perforatrices (La distribution et les mouvements secondaires dans les) et mar-teaux pneumatiques, L. CRUSSARD [n° 6]	410	Vitesses (L'emploi de grandes) de gaz dans les chaudières [n° 4]	245	Corrosion des métaux (La) [n° 6]	377
— — [n° 7]	452	Vitesse Détermination de la) d'un mobile dans l'atmosphère, J. IZART [n° 9]	519	Cuivre dur (Le) [n° 12]	716
— — [n° 8]	74			Déformation permanente (Sur le mécanisme de la) dans les métaux soumis à l'extension [n° 10]	591
Pétrins mécaniques (La panification et les), J.-A. MONTPELLIER [n° 2]				Désétamage (Procédés électrolytiques pour le) et la récupération des déchets de fer blanc, système P. Jacolliot, G. R. [n° 8]	466
				Dessiccation de l'air des hauts fourneaux par le chlorure de calcium [n° 6]	377
				« Direction » (La) des machines d'extraction : moteurs de laminoirs et de centrales à courants triphasés, L. D. [n° 5]	297
				Disques en acier (Usinage de) [n° 4]	239
				Duralumin (Propriétés du), G. R. [n° 11]	643

	Pages.
Lunette de pointage pour pièces marines [n° 2].	123
Machine à sonder (Sur une nouvelle) [n° 11].	654
Marines (Les) militaires des grandes puissances en 1911 [n° 7]	435
Moteur Diesel (Le) à bord des navires de haute mer [n° 7]	431
Moteurs marins à combustibles liquides, L. LETOMBE [<i>Supplément</i> au n° 2].	
Moteurs marins au pétrole lampant [n° 2] .	121
Paquebot (Le nouveau) Le Paul-Lecat, de la Compagnie des Messageries maritimes E. B. [n° 5].	300
Pétrole (Le) et le charbon pour la propulsion des navires [n° 7].	434
Pont de tonnage (Le), P. B. [n° 12].	708
Propulsion des navires de combat (La), M. D. [n° 3].	133
Propulsion des bâtiments de combat : machines à pistons et turbines combinées, M. D. [n° 5]	274
Propulsion de navires de combat (La) : machines à vapeur et moteurs à explosion, M. D. [n° 12]	677
Réservoirs à combustibles liquides pour la marine, E. F. [n° 2] .	105
Signaux sous-marins (Appareil de réception téléphonique de) [n° 9] .	526
Stabilisateur anti-roulis [n° 7]	431
Télégraphie sans fil (Application de la) à la navigation, Lieutenant de vaisseau TISSOT [<i>Supplément</i> au n° 1].	
Transmission électrique (Applications de la) à la propulsion des navires [n° 7]	432
Turbines du scout anglais Bristol, P. LORAIN [n° 1].	44

NOTICE BIOGRAPHIQUE

Notice biographique du Capitaine Tar-
ron, Commandant RESAUP [n° 5]. 293

PHOTOGRAPHIE INDUSTRIELLE

Developpement physique d'une image radio- graphique apres fixage par l'hyposulfite de soude et lavage prolonge de la plaque sensible irradiee [n° 9]	529
Gyroscope (Application du) a la prise des vues cinematographiques [n° 2]	124
Images revelees physiquement apres fixage de la plaque au gelatino-bromure d'argent irradiee. Actions isolees ou successives de la lumiere et des rayons X [n° 10]	593
Phototypie [n° 6]	379
Reproduction photographique des documents par reflexion [n° 5]	320

PHYSIQUE APPLIQUÉE ET PHYSIQUE INDUSTRIELLE

(Voir aussi *Aérodynamique, Electricité, Mécanique*
et Photographie.)

Alundum (L') employé comme matière réfractaire [n° 10].	592
Anastigmats (La découverte des) [n° 2].	124
Bougies filtrantes (Porosité des) [n° 2].	123
Chaleur (Transmission de la) dans la condensation par surface [n° 1].	54
Chauffage central (Installation de la tuyauterie d'une station de) [n° 4].	256
Chauffage des chambres de vapeur dans les chaudières [n° 3].	192
Chauffage des chaudières au charbon pulvérisé, L. D. [n° 11].	640
Chauffage à vapeur par la naphte (Dispositif interne pour le), A. LIÉVIN [n° 11].	641
Chauffage électrique [n° 10].	590
Chauffage de fours au goudron de houille, G. et V. [n° 1].	29
Chauffage au gaz des fours de boulangers [n° 2].	118
Chauffage au goudron de houille [n° 2].	118
Chaudière (Ce qu'il faut contrôler dans une), J. IZART [n° 10].	581
Chronophone [n° 2].	124

	Pages.
Coefficient de transmission thermique (Variations du) avec la longueur d'un tuyau, L. V. B. [n° 7]	422
Combustibles (Comparaison des) [n° 8]	481
Combustion (La) catalytique et ses applications industrielles, L. DESCHROIX [n° 12]	709
Combustion économique des fines et poussières [n° 1]	49
Combustion (La) dans les foyers mécaniques [n° 7]	433
Combustions industrielles (L'enrichissement de l'air en oxygène dans les) [n° 12]	713
Condensation (Contrôle automatique de l'eau de) [n° 1]	54
Condenseur à surface [n° 3]	191
Coups d'eau dans les conduites [n° 11]	617
Densité (Mesure industrielle de la) et du débit des gaz [n° 4]	245
Detartrage des tubes d'économiseurs [n° 5]	311
Eaux minérales thermales (Sur une nouvelle méthode d'utilisation à distance des) [n° 10]	593
Eclairage à l'acétylène (Précautions pour l') [n° 12]	717
Eclairage (Consommation des diverses sources d') [n° 2]	113
Eclairage électrique (voir la division : ELECTRICITÉ)	
Eclairage (Essais d') au gaz surpressé, L.-V. BOURNAT [n° 3]	181
Eclairage au néon [n° 2]	123
Enregistrement du pouvoir calorifique des gaz [n° 9]	520
Entrepôt frigorifique (L'), L. MARCHIS <i>Supplément</i> au n° 5]	
Entrepôt général frigorifique d'Épinay (Seine), E. PACORET [n° 5]	278
Etalon de longueur en silice, J. GARÇON [n° 10]	585
Évaporation par grimpage et ses applications [n° 5]	320
Flotteurs sur mercure [n° 12]	717
Froid II ^e Congrès international du) : Machines frigorifiques, applications du froid, P. B. [n° 1]	51
Froid (L'emploi rationnel du) dans les industries chimiques et physiques, A. GISELIN [n° 2]	108
— — [n° 3]	180
— — [n° 4]	243
Froid (La production et les applications industrielles du), l'entrepôt frigorifique, L. MARCHIS <i>Supplément</i> au n° 5]	
Froid (Les applications du) à bord des navires de guerre : réfrigération et ventilation des soutes à poudres B, LÉON LEBEVRE [n° 6]	325
— — [n° 7]	407
— — [n° 8]	445
— — [n° 9]	496
— — [n° 10]	545
— — [n° 12]	680
Froid (L'industrie du) dans la République Argentine [n° 6]	387
Fumée (Suppression de la) des fours et chaudières [n° 3]	192
Fumées et fumivortité [n° 11]	651
Fumées (Prévention industrielle des), V. [n° 12]	711
Gaz dégagés des parois des tubes de verre, de porcelaine et de silice [n° 5]	320
Gazogènes (Rendement des) [n° 9]	528
Générateurs de vapeur (Fonctionnement interne des), M. ÉMAUD [n° 3]	152
— — [n° 4]	220
— — [n° 6]	355
Glace (Les machines à) récentes [n° 12]	713
Gyroscope (Application du) à la prise des vues cinématographiques [n° 2]	124
Incandescence (Développement récent de la fabrication des lampes à) [n° 12]	720
Incandescence (Voir la division : ELECTRICITÉ)	
Indicateur de niveau dans les chaudières à vapeur, système Lvovitch-Kostritsa [n° 8]	472
Lunette de pointage pour postes marines [n° 2]	123
Machine frigorifique à vide Westinghouse-Leblanc, Ch. JACQUIN [n° 4]	241
Mélanges réfrigérants [n° 2]	123
Mesure des hautes températures (Derniers progrès dans la) [n° 10]	592

	Pages.
Mesure des quantités infinitésimales [n° 8]	477
Perte d'énergie et chute de pression dans les turbines à vapeur [n° 10].	593
Photomètre pratique pour le contrôle du pouvoir lumineux des becs servant à l'éclairage public ou privé [n° 8]	481
Pression de la vapeur d'eau (Formule dominant la) en fonction de sa température [n° 8].	481
Pyrométrie industrielle [n° 2]	123
Radiations (Sur la mesure des intensités des diverses) d'un rayonnement complexe [n° 9]	529
Radiations ultra-violettes (Décomposition de l'eau par les) [n° 5].	320
Rayons cathodiques produits à l'intérieur des lampes à incandescence [n° 10].	589
Rayons ultra-violet (Action des) sur l'acide lactique [n° 8].	479
Rayons ultra-violet (Action des) sur les gousses vertes de vanille [n° 8]	479
Rayons ultra-violet (Nitrification par les) [n° 4].	253
Rayons ultra-violet (Nouvelles recherches sur la stérilisation de l'eau par les) [n° 1].	60
— — [n° 2].	123
Rayonnement ultra-violet (Influence de diverses conditions physiques sur le) des lampes à vapeur de mercure en quartz [n° 11]	657
Refroidissement de l'eau de circulation des condenseurs de vapeur [n° 10].	593
Régulateurs de pression des gaz [n° 11]	656
Siphon automatique [n° 3].	191
Spectrophotométrique (Méthode) de dosage du krypton [n° 5].	320
Température (Les très basses) en chimie [n° 6].	378
Tirage équilibré [n° 10].	592
Tirage rationnel (Sur le) des générateurs de vapeur, J. IZART [n° 11].	604
— — [n° 12]	687
Titre des eaux d'alimentation (Contrôle permanent du) [n° 5].	311
Transmission de la chaleur [n° 9]	528
Transmission de la chaleur dans les chaudières [n° 11].	657
Transmission thermique dans les économiseurs [n° 11]	647
Ultra-violet (Diminution progressive du rendement en) des lampes en quartz à vapeur de mercure [n° 10]	592
Vapeur d'eau (Action de la) dans les gazogènes [n° 10].	592
Vapeur surchauffée (Valeur du coefficient de vapeur pour la) [n° 1].	54
Ventilateurs et compresseurs de mines [n° 1].	48
Ventilation des filatures de coton du nord de la France, L. BARGERON [n° 1].	43
— — [n° 2].	103

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

(Voir *Essais industriels*.)

STATISTIQUES

Chemins de fer (Les) de l'Europe en 1910 [n° 5].	323
Chemins de fer (Les) dans le monde [n° 9].	531
Commerce des charbons en France et en Allemagne en 1910 [n° 5].	222
Commerce des Etats-Unis en 1909-10 [n° 4].	259
Commerce de la France en 1910 [n° 5].	322
— [n° 11].	659
Entreprises industrielles russes par actions (Rendement des) de 1902 à 1907, A. L. [n° 6].	385
Fer (Statistique de l'industrie du) en Russie en 1909 [n° 3].	194
Fonte (Production de la, et de l'acier en 1910 [n° 7].	434
Forêts de France et leur production [n° 1].	63
Hauts fourneaux (Les) français en 1911 [n° 5].	322
Industrie électrique en Italie en 1909 [n° 3].	194
Industrie électrique au Japon [n° 4].	259
Industrie électrique en Suède [n° 5].	323
Industrie frigorifique (L') en République Ar- gentine [n° 6].	387
Marines militaires (Les) des grandes puis- sances en 1911 [n° 7].	435
Métaux autres que le fer (Production des) [n° 9].	530

	Pages.
Minerais de fer (Statistique des ressources mondiales en) [n° 6].	386
Minerais (Production des) en France en 1910 [n° 8].	483
Pétrole (Production universelle du) en 1909 [n° 7].	435
Production littéraire technique en 1910 [n° 6].	387
Production minière et métallurgique des Etats-Unis [n° 10].	595
Statistique minière de l'Indo-Chine en 1910 [n° 12].	723
Statistique minière de la Tunisie en 1909 [n° 4].	259
Usines électriques allemandes (Les) en 1910 [n° 6].	387

TEINTURE ET IMPRESSION

Attaque des tissus teints en colorants au soufre au magasinage [n° 9].	518
Blanchiment à l'air en cuve [n° 11].	651
Blanchiment des tissus [n° 8].	479
— [n° 12].	719
Blanchiment des tissus de coton, J. [n° 7].	423
Calendrage (Procédé pour rendre solide à l'eau l'éclat soyeux du au) [n° 6].	374
Chlorage de l'appât Procédé pour éviter l'attaque des colorants au [n° 6].	374
Coloration du papier en surface, WALTER [n° 10].	576
— — [n° 11].	644
Crépon pour impression de soude caustique sur noir uni. Moyen d'éviter le virage produit par l'alcali [n° 8].	479
Effets brochés sur coton [n° 8].	472
Enlavage blanc au lactate stannique sur mordant de chrome destiné à la teinture [n° 8].	479
Fuchsines (Procédé de préparation des et autres colorants de la même classe [n° 11].	652
Impression (Nouvelle méthode d') des couleurs au soufre [n° 8].	479
Laine (Procédé permettant d'augmenter l'affinité de la pour les colorants [n° 6].	374
Laine (Procédé pour donner à la de la solidité et du brillant [n° 6].	374
Préparation en tannin émetique en un seul bain [n° 8].	472
Réserve grasse pour la teinture de la soie. Emploi du tétrachlorure de carbone pour le dégraissage [n° 8].	479
Rose d'alizarine sur tissus non préparés [n° 9].	518
Taches d'huile minérale, J. [n° 7].	423
Teinture de tissus coton-soie artificielle [n° 8].	472

TÉLÉGRAPHIE, TÉLÉPHONIE

Communication radiotélégraphique et radiotéléphonique avec les aéroplanes et dirigeables [n° 9].	526
Courants téléphoniques (La propagation des), L. V. BOURNAT [n° 5].	299
Enregistrement (Dispositif d') à distance d'une transmission téléphonique sur cylindres ou disques phonographiques [n° 9].	526
Excitation par chocs dans la télégraphie sans fil [n° 2].	120
Exploitation télégraphique (Nouveau mode d'), système multiplex Mercadier-Magunna [n° 4].	255
Interférences (Les) en radiotélégraphie [n° 10].	589
Mesure directe de l'affaiblissement et de la caractéristique des lignes téléphoniques [n° 7].	431
Monopole (Le) de l'Etat pour les téléphones [n° 5].	319
Ondes hertziennes (Mesure de longueurs d') [n° 4].	255
Poste d'essai pour la localisation des dérangements sur les lignes téléphoniques, M. [n° 4].	232
Poteaux télégraphiques (La durée des), L. V. B. [n° 5].	300
Réception téléphonique (Appareil de) de signaux sous-marins [n° 9].	526
Signal horaire hertzien (Appareil de réception du) [n° 2].	120

	Pages.
Stations radiotélégraphiques (Création d'un système de) dans tout l'empire anglais [n° 10].	589
Système acoustique et électrique (Application de la) à l'hydrotélégraphie [n° 9].	525
Systèmes téléphoniques automatiques (Les nouveaux), H. MILON [n° 1].	9
Système téléphonique (Le) semi-automatique ou automatique [n° 9].	526
Télégraphie à grande distance [n° 10].	589
Télégraphie rapide [n° 3].	190
Télégraphie sans fil (Les progrès récents de la), Lieutenant de vaisseau TISSOT (Supplément au n° 1).	217
Télégraphie sans fil (Applications des condensateurs industriels à la) [n° 4].	254
Télégraphie sans fil en aéroplane (Expériences de) [n° 4].	526
Télégraphie sans fil (La) à grande distance [n° 9].	589
Téléphone automatique [n° 10].	589
Téléphonie multiple [n° 10].	589
Téléphonie à San-Francisco (Le système automatique de) [n° 10].	589
Transmission télégraphique [n° 10].	589
Troubles (Moyen de supprimer les causés aux lignes télégraphiques par les lignes d'énergie [n° 8].	479

TRAVAUX PUBLICS ET MARITIMES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Bâriages et siphons automatiques [n° 12].	702
Bétons (Sur les) et bétons armés [n° 11].	652
Béton armé (Le) au feu [n° 11].	652
Béton armé (Abaques pour le calcul des constructions en), par la méthode de la circulaire ministérielle de 1906, A. CANNIC [n° 2].	78
Béton armé (Action de la terre sur le) [n° 5].	316
Béton armé (Effets des courants électriques sur le) [n° 5].	316
Béton armé (Emploi du) sur le chemin de fer de Wabash (Etats-Unis) [n° 2].	124
Béton armé (Nouveau procédé de construction en), P. BRAIVE [n° 11].	644
Béton de ciment Portland (Action de l'eau de mer sur le) [n° 5].	316
Bétons (Imperméabilisation des), L. V. B. [n° 7].	415
Bois de construction (Les altérations des) [n° 2].	117
Bois (Traitement des poteaux en) [n° 7].	430
Briques (Les efflorescences des), J. GARÇON [n° 1].	57
Briques Dinas (La résistance au feu des) [n° 5].	313
Briques réfractaires (Dosage de la silice dans les argiles et les) [n° 5].	316
Canal de Panama [n° 5].	321
Carrières (Note sur l'exploitation des) de diorite de La Meilleraie, par Pouzauges (Vendée), P. LÉVY-SALVADOR [n° 4].	12
Chantiers (Les) et ateliers de Saint-Nazaire (Penhoët), P. B. [n° 6].	364
Chaux hydratée [n° 4].	250
Chaux (Action de la vapeur d'eau sur le carbone en présence de la) [n° 5].	316
Cheminees d'usines (L'échappement des gaz dans les) [n° 5].	433
Ciments (Action des eaux de mer sur les) [n° 5].	187
Ciment armé (Fabrication des poteaux en) [n° 9].	316
Ciments à base d'oxyde de fer [n° 1].	521
Ciment Portland (Fabrication du) dans l'Amérique du Nord [n° 5].	58
Ciment Portland (Addition d'huile au) [n° 11].	316
Ciment Portland Les matières premières destinées à la fabrication du) [n° 4].	652
Ciments (Sur la prise des) [n° 9].	253
Ciment (Protection du) pour le fer [n° 8].	523
Ciment Résultats d'essais faits en gâchant le avec des liquides susceptibles de produire de l'acide carbonique [n° 4].	478

	Pages.
Concessions de travaux publics [n° 6].	383
Consolidation d'un radier sous voie ferrée au moyen du béton armé (Pl. II), A. PICHOT [n° 4].	215
Cordeau détonant (Nouvelle application du) aux travaux publics [n° 2].	124
Dessèchement du Zuyderzée, P. B. [n° 12].	711
Elargissement (L') du pont des Arches, à Liège, H. P. [n° 9].	490
Encorbellements (Sur les) de la rue de Rome et du boulevard des Batignolles, à Paris [n° 9].	529
Goudronnage des routes, G. et V. [n° 2].	85
Goudronnage (Effets du) des routes sur la végétation [n° 1].	60
Goudronnage des routes (Reproduction expérimentale des effets du) sur la végétation environnante [n° 12].	718
Humidité (L') dans les constructions et procédés pour y remédier [n° 6].	381
Loire maritime (La région de la, son développement, son utilisation, son avenir [n° 9].	529
Maçonnage des chaudières à vapeur sur béton armé [n° 2].	118
Maison moulée (La) de Santpoort, Paul BARRÉ [n° 10].	579
Moellons artificiels (Fabrication des), L. D. F. [n° 6].	332
Mortiers mal composés (Conséquences de l'usage des) [n° 10].	586
Paris port de mer (Le projet de), F. [n° 2].	409
Peintures sur bois et sur fers ou aciers [n° 3].	187
Pierres artificielles (Constructions en) [n° 6].	379
Pont de La Cassagne [n° 1].	60
Pont (Nouveau) de la Clyde, à Glasgow [n° 2].	124
Pont flottant (Construction d'un) sur la Corne d'Or, à Constantinople (Pl. II), A. AURIC [n° 3].	136
Ponts à transbordeur pour la traversée des passes maritimes (Le développement de la construction des), G. LEINE-KUGEL LE COCQ [n° 1].	1
— — [n° 2].	76
— — [n° 3].	138
Port d'Anvers (Les grues électriques du) M. [n° 11].	234
Port du Havre (L'agrandissement du), L. D. F. [n° 9].	518
Poutres à treillis en béton armé, système Visintini, F. D. [n° 4].	244
Protection des disques, talus et côtes par des revêtements en béton armé [n° 4].	256
Puits ordinaires (Théorie des) dans les terrains perméables en petit [n° 5].	320
Routes (Adaptation des grandes) au roulage actuel [n° 5].	320
Routes (Sur la construction des) et ouvrages d'art en terrain calcaire [n° 11].	637
Silice (La) [n° 8].	478
Silico-calcaires (Les), F. D. [n° 6].	361
Souterrains (Applications de l'air comprimé à la perforation des grands), A. VILLETARD [n° 11].	622
Supports flexibles en fer laminé (Transports d'énergie électrique : Construction des lignes au moyen de), G. DÉTHIOLLAZ [n° 2].	80
Tours de ponts [n° 2].	124
Transport (Méthodes de) appliquées au tunnel de l'Illinois, à Chicago [n° 6].	384
Traverses (La durée des) des chemins de fer [n° 8].	433
Tremblements de terre (Effets des) sur les constructions, A. G. [n° 2].	110
Tuerie de pores (La) d'Aubervilliers, M. RIGOTARD [n° 6].	353
Tunnel construit sous le Detroit River, en Amérique [n° 4].	256
Tunnel du Lötschberg (Le percement du), D. [n° 5].	300
Tunnel du Somport (La construction du et la traversée de la chaîne des Pyrénées (Planche IV), L. D. F. [n° 6].	328

TABLE ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS

	Pages.		Pages.		Pages.
APPELL, Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris : <i>Allocution</i> [Supplément au n° 5, XI].		BREUIL (P.) : <i>Notes de métallurgie</i> [n° 9].	521	tramways et de chemins de fer d'intérêt local (Bruxelles, septembre 1910) [n° 2].	98
AURIC (A.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef de la ville de Constantinople : <i>Construction d'un pont flottant sur la Corne-d'Or, à Constantinople</i> [n° 3].	136	— [n° 10].	583		
		— [n° 11].	650		
		— [n° 12].	716		
BARBILLION (L.), Professeur à la Faculté des Sciences et Directeur de l'Institut électrotechnique de Grenoble : <i>Régulation des groupes électrogènes</i> [n° 9].	485	BREYRE (Ad.), Ingénieur au corps des Mines de Belgique : <i>Le creusement des puits par congélation en Campine</i> [n° 11].	614	DUBAR (Fernand) : <i>La 8^e session de l'Association du Congrès international des chemins de fer</i> (Berne, juillet, 1910) [n° 3].	172
— [n° 10].	536			— [n° 4].	229
— [n° 12].	674			— [n° 5].	293
BARGERON (L.), Ingénieur, Inspecteur du travail : <i>Ventilation des filatures de coton du nord de la France</i> [n° 1].	43	CANNIC (A.), Ancien élève de l'Ecole Polytechnique : <i>Abaques pour le calcul des constructions en béton armé</i> [n° 2].	78	— <i>L'usure ondulatoire des rails</i> [n° 4].	205
— [n° 2].	103	CAPART (G.), Ingénieur de la Société Brown, Boveri et C ^{ie} : <i>La protection des réseaux et installations électriques contre les surtensions</i> [n° 10].	533	— <i>Ascenseur hydraulique pour bateaux</i> [n° 12].	701
BARRÉ (Paul) : <i>La houille en Hollande</i> [n° 4].	257	— [n° 11].	610		
— <i>Le guano et son commerce</i> [n° 8].	482	— [n° 12].	668	EMANAUD (M.), Ancien élève de l'Ecole Polytechnique : <i>Fonctionnement interne des générateurs de vapeur</i> [n° 3].	152
— [n° 9].	530			— [n° 4].	220
— [n° 10].	594	CRUSSARD (L.), Ingénieur au Corps des Mines, Professeur à l'Ecole nationale des Mines de Saint-Etienne : <i>La distribution et les mouvements secondaires dans les perforatrices et marteaux pneumatiques</i> [n° 6].	346	— [n° 6].	355
— <i>La maison moulée de Santpoort</i> [n° 10].	579	— [n° 7].	410	ESCARD (Jean), Ingénieur Civil : <i>Procédés actuels de préparation des filaments métalliques pour lampes à incandescence</i> [n° 10].	539
BARTHÉLEMY (Eugène), Ancien élève de l'Ecole Polytechnique : <i>L'Exposition universelle de Paris en 1920</i> [n° 3].	195	— [n° 8].	452		
BELLOM (Maurice), Ingénieur en chef au Corps des Mines, Professeur à l'Ecole nationale supérieure des Mines : <i>La répartition de la vente entre les exploitants de potasse en Allemagne</i> [n° 2].	93	DANTZER (James), Professeur suppléant au Conservatoire national des Arts et Métiers : <i>Détermination des densités et diamètres des matières textiles à l'état de fils simples</i> [n° 3].	150	FERROUX (G.), Ingénieur-électricien : <i>Les applications récentes des condensateurs industriels</i> [n° 3].	147
— [n° 3].	164	— [n° 4].	221	— [n° 4].	216
BELOT (E.), Ancien élève de l'Ecole Polytechnique, Directeur des manufactures de l'Etat : <i>Principes généraux de l'organisation systématique des machines et des usines</i> [n° 10].	547	— [n° 6].	350	FILLOCHE (R.) et LÉVY (Georges), Ingénieurs des Arts et Manufactures : <i>De l'équilibrage des organes mécaniques</i> [n° 1].	16
BONTOUX (E.), Ingénieur-chimiste : <i>L'industrie de la savonnerie</i> [n° 1].	31	DARIÈS (Georges), Ingénieur municipal de la Ville de Paris : <i>Crues et inondations</i> [n° 4].	197	— [n° 2].	71
— [n° 3].	161	DELPECH (J.), Ingénieur : <i>Comment on peut perfectionner la poudre B</i> [n° 12].	693	FONTIGNY (Edouard), Ingénieur-professeur à l'Ecole supérieure des textiles de Verviers : <i>La commande électrique dans les usines textiles</i> [n° 8].	442
— [n° 5].	291	DESCROIX (L.), Ingénieur, ancien élève de l'Ecole Polytechnique : <i>Congrès international des mines, de la métallurgie, de la mécanique et de la géologie appliquées tenu à Dusseldorf (juin 1910)</i> [n° 1].	47	— [n° 9].	502
— [n° 7].	413	— <i>La combustion catalytique et ses applications industrielles</i> [n° 12].	709	GALLON (H.), Chef d'atelier aux chemins de fer de l'Etat : <i>Appareil à couper les tubes, système Gallon</i> [n° 1].	46
— [n° 8].	462	DÉTHIOLLAZ (G.), Ingénieur : <i>Transports d'énergie électrique</i> [n° 2].	80	GARÇON (Jules) : <i>Notes de chimie</i> [n° 1].	57
— [n° 9].	507	Do (Capitaine), du bataillon des aérostiers militaires : <i>Recherches expérimentales sur la résistance des cordages usités en aérostation</i> [n° 1].	24	— [n° 2].	117
BOURNAT (L.-V.) : <i>Essais d'éclairage au gaz surpressé</i> [n° 3].	181	— [n° 4].	225	— [n° 3].	186
— <i>La propagation des courants téléphoniques</i> [n° 5].	299	DOUTRE (Ad.) : <i>La stabilisation automatique longitudinale des aéroplanes</i> [n° 10].	550	— [n° 4].	250
— <i>Transmission hydraulique, système Janney</i> [n° 5].	301	DROMEL (G.), Ingénieur-électricien : <i>Les installations électriques du chemin de fer souterrain du Nord-Sud</i> [n° 6].	341	— [n° 5].	314
BRAIVE (P.), Ancien élève de l'Ecole Polytechnique : <i>Nouveau procédé de construction en béton armé</i> [n° 11].	644	— [n° 7].	404	— [n° 6].	378
BREUIL (P.), Chef honoraire du Laboratoire au Conservatoire national des Arts et Métiers : <i>Etude d'un acier spécial de cémentation</i> [n° 9].	494	DUBAR (Fernand), Ingénieur des Arts et Manufactures : <i>La 8^e session de l'Association du Congrès international des chemins de fer</i> (Berne, juillet 1910) [n° 1].	37	— [n° 7].	428
— [n° 10].	555	— [n° 2].	97	— [n° 8].	477
— <i>Notes de mécanique</i> [n° 1].	53	— <i>Le XVI^e Congrès international de</i>		— [n° 9].	523
— [n° 2].	111			— [n° 10].	584
— <i>Notes de métallurgie</i> [n° 2].	115			— [n° 11].	651
— [n° 3].	184			— [n° 12].	718
— [n° 4].	248			GARNIER (A.-R.), Ingénieur des Arts et Manufactures : <i>Notes d'électricité</i> [n° 11].	648
— [n° 5].	312			GARTNER (P.), Ingénieur des Arts et Manufactures : <i>L'usure des aciers aux abrasifs</i> [n° 3].	178
— [n° 6].	377			GAZEL (Charles), Ingénieur-chimiste, licencié ès sciences : <i>L'eau pulvérisée dans les chambres de plomb</i> [n° 5].	294
— [n° 7].	427			GORGEU (Capitaine P.), de l'Ecole centrale de Pyrotechnie militaire : <i>Tournage automatique des cylindres de laminaires</i> [n° 7].	394
— [n° 8].	476			GRANDMOUGIN (Eug.), Professeur à l'Ecole de Chimie de Mulhouse : <i>Emploi de la spectroscopie dans l'industrie chimique</i> [n° 8].	457

	Pages.		Pages.		Pages.
GRANGER (A.), Professeur à l'Ecole de céramique, chef des Laboratoires d'Essais de la manufacture de Sèvres : <i>La fabrication des grandes pièces en verre creux et les procédés modernes de soufflage du verre</i> [n° 11]	597	LE CHATELIER (Henry), membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines : <i>Le but et les méthodes de l'enseignement technique supérieur</i> [Supplément au n° 5]		MEUNIER (L.), Docteur ès sciences, chargé de Cours à l'Université de Lyon : <i>La fabrication des extraits tanniques, leur analyse et leur emploi</i> [n° 10]	562
— — [n° 12]	691	LEFEVRE (Léon), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef des services techniques de la Société du froid industriel : <i>Les applications frigorifiques à bord des navires de guerre</i> [n° 6]	325	— — [n° 11]	625
GRARD (Capitaine), de l'atelier de construction de Puteaux : <i>Recherches sur la dureté des aciers; parallèle entre la dureté et la résilience</i> [n° 6]	373	— — [n° 7]	407	— — [n° 12]	695
— — [n° 7]	420	— — [n° 8]	445	MILON (H.), ancien Elève de l'Ecole Polytechnique, Ingénieur des Télégraphes : <i>Les nouveaux systèmes téléphoniques automatiques</i> [n° 1]	9
— — [n° 8]	470	— — [n° 9]	496	MONIN (G.) : <i>L'exposition internationale de Turin de 1911</i> [n° 12]	722
GRIGAUT (Maurice), Professeur à l'Ecole d'Arts et Métiers de Châlons-sur-Marne : <i>L'enseignement technique dans une province belge</i> [n° 1]	61	— — [n° 10]	545	MONTPELLIER (J.-A.) : Ingénieur-électricien : <i>L'électrification du réseau pyrénéen de la Compagnie des chemins de fer du Midi</i> [n° 1]	5
GUILLET (Léon), Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers : <i>L'électro-sidérurgie</i> [Supplément au n° 3]		— — [n° 12]	680	— <i>La panification et les pétrins mécaniques</i> [n° 2]	74
GUISELIN (A.), Ingénieur des Arts et Manufactures : <i>L'emploi rationnel du froid dans les industries chimiques et physiques</i> [n° 2]	108	LEINEKUGEL LE COCQ (G.), ancien Ingénieur hydrographe de la marine, Ingénieur en chef des établissements Arnodin : <i>Le développement de la construction des ponts à transbordeur pour la traversée des passes maritimes</i> [n° 1]	1	— — [n° 7]	403
— — [n° 3]	180	— — [n° 2]	76	— — [n° 8]	456
— — [n° 4]	243	— — [n° 3]	138	— — [n° 9]	505
IZART (J.), Ingénieur civil des Mines : <i>De la combustion économique des fines et poussières</i> [n° 1]	49	LEMALE (Ch.), Ingénieur civil : <i>Evolution de la chaleur dans les turbines</i> [n° 2]	68	— <i>Utilisation pratique de l'énergie cinétique des vagues de la mer</i> [n° 2]	105
— <i>Notes de mécanique et de physique industrielle</i> [n° 4]	245	— <i>Turbines et compresseurs ventilateurs</i> [n° 5]	261	— <i>Nouveaux moteurs électriques spéciaux pour la commande des métiers à filer continus</i> [n° 3]	174
— — [n° 5]	310	— <i>Calculs des compresseurs centrifuges</i> [n° 11]	600	MORTIER (R.) : <i>Les universités et l'enseignement technique</i> [n° 11]	658
— — [n° 6]	375	LETOMBE (Léon), Chargé du cours de machines thermiques à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures : <i>Les moteurs à combustibles liquides</i> [Supplément au n° 2]		— — [n° 12]	722
— — [n° 7]	424	— <i>Considérations sur les moteurs d'aviation</i> [n° 6]	334	NACHTERGAL (A.), Ingénieur, Professeur à l'Ecole industrielle d'Houdeng-Aime-ries : <i>Groupes des ressorts à boudins</i> [n° 11]	638
— — [n° 8]	473	— — [n° 7]	400	NETTER (J.), ancien Elève de l'Ecole Polytechnique, Capitaine du Génie en retraite : <i>Attelage automatique des wagons, système, S. Laycock</i> [n° 1]	39
— — [n° 9]	519	LÉVY (Georges), Ingénieur des Arts et Manufactures, Voir FILLOCHE.		— <i>De la répétition sur les locomotives des signaux de la voie</i> [n° 2]	65
— — [n° 10]	581	LÉVY-SALVADOR (P.), Ingénieur des constructions civiles, Ingénieur du service technique au Ministère de l'Agriculture : <i>Note sur l'exploitation des carrières de diorite de la Meillerie</i> [n° 1]	12	— — [n° 3]	152
— — [n° 11]	647	LIÉVIN (Aug.) : <i>L'industrie dans le Turkestan</i> [n° 10]	595	— — [n° 4]	208
— — [n° 12]	713	— <i>Dispositif interne pour le chauffage des chaudières à vapeur par le naphthé</i> [n° 11]	641	— <i>Du freinage des trains de marchandises</i> [n° 7]	389
— <i>Sur le tirage rationnel des générateurs de vapeur</i> [n° 11]	604	LONGUE (C.), Ingénieur des Arts et Manufactures : <i>La puissance des moteurs d'automobile</i> [n° 2]	95	— <i>Perfectionnements aux appareils du bloc-système</i> [n° 10]	566
— — [n° 12]	687	— <i>Calcul des pistons pour moteur d'automobile</i> [n° 3]	167	OLIVE (J.), Capitaine d'artillerie de l'Etablissement d'aviation de Vincennes : <i>Au sujet d'une explication du vol des oiseaux</i> [n° 10]	565
JACQUIN (Ch.) : <i>La machine frigorifique à vide Westinghouse-Leblanc</i> [n° 4]	241	LORAIN (P.), Ingénieur du Génie maritime : <i>Les turbines du scout anglais Bristol</i> [n° 1]	44	OTTENDAHL (L.), Ingénieur-chimiste : <i>Amorçage des dynamites</i> [n° 1]	40
JANIN (E.), Ingénieur des Arts et Manufactures : <i>Les travaux d'amélioration de la gare Saint-Lazare et de ses accès</i> [n° 5]	266	LUMET (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures : <i>Notes sur le XII^e Salon international de l'automobile</i> [n° 1]	34	— <i>Les explosifs modernes, les dynamites</i> [n° 5]	287
JANNETTAZ (P.) : <i>Le Congrès de l'apprentissage de Roubaix de 1911</i> [n° 8]	482	MANNESSIER (C.), Ingénieur-électricien, diplômé de l'Institut industriel du Nord : <i>La commande électrique des raboteuses</i> [n° 4]	231	PACORET (E.), Ingénieur des Arts et Métiers : <i>L'entrepôt général frigorifique d'Epigny</i> [n° 5]	278
LAFAY (Capitaine A.), Professeur à l'Ecole Polytechnique : <i>Appareil permettant la détermination directe du taux de sustentation d'un modèle d'aéroplane; application à des oiseaux naturalisés</i> [n° 12]	665	MARBEQ (A.), Ingénieur en chef du Génie maritime : <i>L'Institution des Naval architects</i> (Congrès de Londres) [n° 10]	544	— <i>Les appareils de levage et de manutention</i> (Bibliothèque de <i>La Technique Moderne</i> , fascicule IV).	
LAINEL (Georges), Ancien élève diplômé de l'Ecole des sciences politiques : <i>L'examen préalable des brevets d'invention</i> [n° 2]	125	— — [n° 11]	619	PICARD (M.), Ingénieur des Arts et Manufactures : <i>L'élargissement des métaux pendant le laminage</i> [n° 4]	237
LALLIÉ (Norbert) : <i>Les locomotives américaines modernes</i> [n° 4]	259	MARCHAND (H.), Ingénieur électricien : <i>Le contrôle des équipements de traction électrique</i> [n° 1]	19	— — [n° 5]	306
— — [n° 5]	323	MARCHIS (L.), Professeur d'aviation à la Faculté des Sciences de Paris : <i>Les bases scientifiques de l'aviation</i> [n° 3]	129	— — [n° 6]	372
— — [n° 6]	387	— — [n° 4]	201	PICHOT (A.) : <i>Consolidation d'un radier sous voie ferrée au moyen du béton armé</i> [n° 5]	215
— — [n° 7]	435	— <i>Les aéroplanes au Salon de 1911</i> [n° 12]	661	— <i>Série de prix types pour un réseau de chemins de fer</i> [n° 11]	631
LAMBERTERIE (E. de) : <i>De la densité de courant pour la fabrication industrielle des persulfates</i> [n° 1]	42	— <i>La production et les applications industrielles du froid</i> [Supplément au n° 5]		PILLAUD (H.), Ingénieur-agronome : <i>Les machines au Concours général agricole de Paris</i> [n° 5]	283
— — [n° 2]	102			POTIN (L.), Licencié ès sciences, attaché aux chemins de fer de l'Etat : <i>Calcul de la hauteur atteinte par un aéroplane</i> [n° 2]	96
LARGIER (Capitaine F.) : <i>Sur un appareil de mesure des tensions des haubans des aéroplanes</i> [n° 5]	272			— <i>Vérification et régularisation du tracé des courbes des voies de chemins de fer</i> [n° 5]	268
LASTOURS (J. de), Capitaine du Génie : <i>Note sur l'immersion automatique des soutes à poudre B</i> [n° 12]	704				
LATOUR (Joseph) : <i>La construction d'une ligne de transport d'énergie électrique dans la traversée de la commune de Montdragon</i> (Tarn) [n° 8]	440				

	Pages.		Pages.		Pages.
POPIN (L.) : <i>Sur les ménisques brillants observés sur la table de roulement de certains rails</i> [n° 6].	344	ROBIN (F.) : <i>Gisements de plomb et de zinc du département de Constantine</i> [n° 10].	595	TARRON : <i>De la construction et de la conduite des aéroplanes</i> [n° 7].	396
— <i>Nouvelle formule des salaires et application au cas de l'entretien des voies de chemins de fer</i> [n° 9].	488	ROUSSEL (A.), Capitaine d'artillerie, ancien Elève de l'Ecole Polytechnique : <i>Groupes électrogènes automobiles et projecteurs électriques</i> [n° 4].	218	THOMAS (R.), Ingénieur des Arts et Métiers : <i>La soudure autogène des métaux</i> [n° 10].	576
QUITTNER (Victor), Docteur ès sciences : <i>Recherches sur la stabilité des aéroplanes</i> [n° 2].	90	— — [n° 5].	270	TISSOT (Lieutenant de vaisseau), Professeur à l'Ecole navale : <i>Les progrès récents de la télégraphie sans fil</i> [Supplément au n° 1].	
RENARD (Commandant Paul), ancien Sous-directeur de l'Etablissement central d'aérostation militaire de Chalais-Meudon : <i>Les aérostats dirigeables contemporains</i> [n° 2].	88	SOUPPEY (E.), Ingénieur des Arts et Manufactures : <i>Notes d'électricité</i> [n° 1].	56	VIDAL (André) : <i>Le forgeage mécanique</i> [n° 10].	575
RENAUD (Capitaine) : <i>Etude sur le différentiel</i> [n° 5].	264	— — [n° 2].	113	— <i>Des procédés à employer pour colorer les métaux</i> [n° 11].	642
RENAUD (Commandant) : <i>Notice biographique du capitaine Tarron</i> [n° 5].	293	— — [n° 3].	183	— — [n° 12].	708
RIGOTARD (Marcel), Ingénieur-agronome, licencié ès sciences : <i>La tuerie de porcs d'Aubervilliers (Seine)</i> [n° 6].	353	— — [n° 4].	246	VILLETARD (H.), Ingénieur des Arts et Manufactures : <i>Application de l'air comprimé à la perforation des grands souterrains</i> [n° 11].	623
RIVIÈRE (Marc) : <i>Les turbines hydrauliques : généralités, fonctionnement, calcul de leurs éléments</i> [n° 6].	367	— — [n° 5].	311	WALTER : <i>La coloration du papier en surface</i> [n° 10].	578
		— — [n° 6].	376	— — [n° 11].	644
		— — [n° 7].	425		
		STOUVENOT (A.), Ingénieur au corps des Mines : <i>Observations sur le renforcement des attelages des véhicules de chemins de fer</i> [n° 3].	169		
		TARRON (E.), Capitaine du génie, au Laboratoire d'aéronautique militaire de Chalais-Meudon : <i>De la construction et de la conduite des aéroplanes</i> [n° 6].	337		

TABLE DES PLANCHES HORS TEXTE

	Pages.		Pages.
PLANCHE I. — Pont flottant sur la Corne d'Or, à Constantinople [n° 3].	138	PLANCHE III. — Travaux d'amélioration de la gare Saint-Lazare et de ses accès [n° 5].	268
PLANCHE II. — Canalisation d'un radier sous voie ferrée en béton armé à la ligne métropolitaine n° 8 (Auteuil-Opéra), 3 ^e lot [n° 4].	216	PLANCHE IV. — Construction du tunnel du Somport (Pyrénées) [n° 6].	332
		PLANCHE V. — Formule nouvelle des salaires. Application à l'entretien des voies de chemins de fer [n° 9].	488

TABLE DES SOMMAIRES DE L'ANNÉE 1911

SOMMAIRE DU NUMÉRO DE JANVIER 1911

- TRAVAUX MARITIMES.** — *Le développement de la construction des ponts à transbordeur pour la traversée des passes maritimes (à suivre)*, par G. LEINEKUGEL LE COCQ, ancien Ingénieur hydrographe de la marine, Ingénieur en chef des Etablissements F. Arnodin (p. 1).
- CHEMINS DE FER.** — *L'électrification du réseau pyrénéen de la Compagnie des Chemins de fer du Midi*, par J.-A. MONTELLIER, Ingénieur-électricien (p. 5).
- TÉLÉPHONIE.** — *Les nouveaux systèmes téléphoniques automatiques*, par H. MILON, ancien Elève de l'Ecole Polytechnique, Ingénieur des Télégraphes (p. 9).
- TRAVAUX PUBLICS.** — *Note sur l'exploitation des carrières de diorite de la Meilleraie*, par P. LÉVY-SALVADOR, Ingénieur des Constructions civiles, Ingénieur du Service technique au ministère de l'Agriculture (p. 12).
- MÉCANIQUE APPLIQUÉE.** — *De l'équilibrage des organes mécaniques (suite et à suivre)*, par R. FILLOCHE et Georges LÉVY, ingénieurs des Arts et Manufactures (p. 16).
- ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE.** — *Le contrôle des équipements de traction électrique (suite et fin)*, par H. MARCHAND, Ingénieur-électricien (p. 19).
- RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.** — *Recherches expérimentales sur la résistance des cordages utilisés en aérostation (suite et à suivre)*, par le Capitaine Do, du Bataillon des Aérostatiers militaires (p. 24).
- CHIMIE INDUSTRIELLE.** — *L'industrie du goudron de houille (à suivre)*, par G. et V. (p. 27).
- *L'industrie de la savonnerie (suite et à suivre)*, par E. BONToux, Ingénieur chimiste (E. C. I. L.) des Etablissements Rocca, Tassy et de Roux et de la Société Anonyme des Savonneries de la Méditerranée (p. 31).
- INDUSTRIE DE L'AUTOMOBILE.** — *Notes sur le XII^e Salon international de l'Automobile*, par G. LUMET, Ingénieur des Arts et Manufactures (p. 34).
- CHRONIQUE.** — La huitième session de l'Association du Congrès international des chemins de fer (Berne, 4-16 juillet 1910) (p. 37). — Résultats obtenus avec les nouvelles locomotives à marchandises à quatre cylindres égaux et à surchauffe, système Flamme, des chemins de fer de l'Etat belge (p. 38). — Attelage automatique des wagons (système W. S. Laycock) (p. 39). — Amorcage des dynamites (p. 40). — La prise de terre dans les installations à courant triphasé (p. 41). — Equipement électrique à vitesse réglable pour appareil de levage (système Bergmann) (p. 41). — De la densité de courant pour la fabrication industrielle des persulfates (suite) (p. 42). — Ventilation des filatures de coton du nord de la France (p. 43). — Les turbines du scout anglais « Bristol » (p. 44). — Appareil à couper les tubes (système Gallon) (p. 46). — Congrès international des Mines, de la Métallurgie, de la Mécanique et de la Géologie appliquée, tenu à Dusseldorf (suite et fin) (p. 47). — De la combustion économique des fines et poussières (p. 49). — II^e Congrès international du Froid (suite et fin) (p. 51).
- Notes de mécanique*, par P. BREUIL (p. 53).
- Notes d'électricité*, par E. SOUPÉY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur du B. T. E. (p. 56).
- Notes de chimie*, par J. GARÇON (p. 57).
- Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles* (p. 59).
- DOCUMENTS ET INFORMATIONS.** — Enseignement (p. 61). — Législation et réglementation du travail industriel (p. 62). — Statistiques (p. 63). — Congrès et Expositions (p. 63).
- BIBLIOGRAPHIE.** — Analyse des ouvrages récemment parus (p. 64).
- CONFÉRENCES DE « LA TECHNIQUE MODERNE ».** — *Les Progrès récents de la Télégraphie sans fil*, par M. le Lieutenant de vaisseau TISSOT, Professeur à l'Ecole Navale.

SOMMAIRE DU NUMÉRO DE FÉVRIER 1911

- CHEMINS DE FER.** — *De la répétition sur les locomotives des signaux de la voie (à suivre)*, par J. NETTER, ancien Elève de l'Ecole Polytechnique, capitaine du Génie en retraite (p. 65).
- MÉCANIQUE INDUSTRIELLE.** — *Évolution de la chaleur dans les turbines*, par Ch. LEMALE, Ingénieur civil (p. 68).

- MÉCANIQUE APPLIQUÉE.** — *De l'équilibre des organes mécaniques (suite et fin)*, par R. FILLOCHE et Georges LÉVY, Ingénieur des Arts et Manufactures (p. 71).
- *La panification et les pétrins mécaniques (suite et à suivre)*, par J.-A. MONTELLIER, Président de la Section du Jury des pétrins mécaniques à l'Exposition de Marseille (p. 74).
- TRAVAUX MARITIMES.** — *Le développement de la construction des ponts à transbordeur pour la traversée des passes maritimes (suite et à suivre)*, par G. LEINEKUGEL LE COCQ, ancien Ingénieur hydrographe de la marine, Ingénieur en chef des Etablissements F. Arnodin (p. 76).
- TRAVAUX PUBLICS.** — *Abaques pour le calcul des constructions en béton armé*, par A. CANNIC, ancien Elève de l'Ecole Polytechnique (p. 78).
- ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE.** — *Transports d'énergie électrique*, par G. DÉTHIOLLAZ (p. 80).
- CHIMIE INDUSTRIELLE.** — *L'industrie du goudron de houille (suite et à suivre)*, par G. et V. (p. 85).
- AÉRONAUTIQUE.** — *Les aérostats dirigeables contemporains (suite et fin)*, par le Commandant Paul RENARD, ancien Sous-Directeur de l'Etablissement central d'aérostation militaire de Chalais-Meudon (p. 88).
- AVIATION.** — *Recherches sur la stabilité des aéroplanes (suite et fin)*, par Victor QUITTNER, docteur ès sciences (p. 90).
- ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.** — *La répartition de la vente entre les exploitants de potasse en Allemagne (à suivre)*, par Maurice BELLON, Ingénieur en chef au corps des Mines, Professeur d'économie industrielle à l'Ecole nationale supérieure des Mines (p. 93).
- CHRONIQUE.** — La puissance des moteurs d'automobile (p. 95). — Calcul de la hauteur atteinte par un aéroplane (p. 96). — La huitième session de l'Association du Congrès international des Chemins de fer (suite et fin) (p. 97). — Le XVI^e Congrès international de tramways et de chemins de fer d'intérêt local (p. 98). — Le four électrique (système Nathusius) (p. 99). — Galet de trolley à graissage constant automatique (p. 100). — Le labourage électrique (p. 101). — Les pertes par hystérésis (p. 102). — De la densité de courant pour la fabrication industrielle des persulfates (suite et fin) (p. 102). — Ventilation des filatures de coton du nord de la France (suite et fin) (p. 103). — Réservoirs à combustibles liquides pour la marine (p. 105). — Utilisation pratique de l'énergie cinétique des vagues de la mer (p. 105). — Haveuse à barre (système Pick-Quick) (p. 106). — L'emploi rationnel du froid dans les industries chimiques et physiques (p. 108). — Le projet de Paris-Port-de-Mer (p. 109). — Effets des tremblements de terre sur les constructions (p. 110).
- Notes de mécanique*, par P. BREUIL (p. 111).
- Notes d'électricité*, par E. SOUPÉY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur du B. T. E. (p. 113).
- Notes de métallurgie*, par E. BREUIL (p. 115).
- Notes de chimie*, par J. GARÇON (p. 117).
- Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles* (p. 118).
- DOCUMENTS ET INFORMATIONS.** — Enseignement (p. 125). — Législation et réglementation du travail industriel (p. 125). — Concours (p. 127). — Divers (p. 127).
- BIBLIOGRAPHIE.** — Analyse des ouvrages récemment parus (p. 128).
- CONFÉRENCES DE « LA TECHNIQUE MODERNE ».** — *Les moteurs à combustibles liquides*, par M. Léon LETOMBE, Chargé du cours de Machines thermiques à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.

SOMMAIRE DU NUMÉRO DE MARS 1911

- AÉRODYNAMIQUE.** — *Les bases scientifiques de l'aviation*, par L. MARCHIS, Professeur d'aviation de la Faculté des Sciences de Paris (p. 129).
- GÉNIE MARITIME.** — *La propulsion des navires de combat*, par M. D. Ingénieur de la Marine (p. 133).
- TRAVAUX PUBLICS.** — *Construction d'un pont flottant sur la Corne d'Or à Constantinople*, par A. AURIC, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef de la ville de Constantinople (p. 136).
- TRAVAUX MARITIMES.** — *Le développement de la construction des ponts à transbordeur pour la traversée des passes maritimes (suite et fin)*, par G. LEINEKUGEL LE COCQ, ancien Ingénieur hydrographe de la marine, Ingénieur en chef des Etablissements F. Arnodin (p. 138).
- CHEMINS DE FER.** — *De la répétition sur les locomotives des signaux de la voie (suite et à suivre)*, par J. NETTER, ancien Elève de l'Ecole polytechnique, Capitaine du Génie en retraite (p. 142).

CHEMINS DE FER. — *L'exploitation moderne d'un grand réseau de chemins de fer aux États-Unis (à suivre)*, par G. F. (p. 145).

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Les applications récentes des condensateurs industriels (à suivre)*, par G. FERROUX, Ingénieur-Electricien (p. 147).

FILATURE ET TISSAGE. — *Détermination des densités et diamètres des matières textiles à l'état de fils simples (à suivre)*, par J. DANTZER, Professeur suppléant au Conservatoire des Arts et Métiers de Paris (p. 150).

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Fonctionnement interne des générateurs de vapeur (à suivre)*, par M. EMANAU, ancien Elève de l'Ecole polytechnique (p. 152).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *L'industrie du goudron de houille (suite et à suivre)*, par G. et V. (p. 155).

— *Sur l'analyse industrielle des gaz*, par G. B. (p. 158).

— *L'industrie de la Savonnerie (suite et à suivre)*, par E. BONTOUX, Ingénieur chimiste (p. 161).

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE. — *La répartition de la vente entre les exploitants de potasse en Amérique (suite et fin)*, par Maurice BELLOM, Ingénieur en chef au corps des Mines (p. 164).

CHRONIQUE. — Calcul des pistons pour moteur d'automobile (p. 167). — Observations sur le renforcement des attelages des véhicules de chemins de fer (p. 169). — Culbuteurs de wagons à plate-forme et à rails cintrés [système Pohlig] (p. 171). — Le XVI^e Congrès international de tramways et de chemins de fer d'intérêt local [suite] (p. 172). — Régulateur automatique de vitesse pour moteur de ventilateur, de pompe, de compresseur, etc. [système Cutler-Hammer-Mason] (p. 173). — Nouveaux moteurs électriques spéciaux pour la commande des métiers à filer continus (p. 174). — Le Dock de relevage pour sous-marins « Vulkan » de la marine allemande (p. 176). — De l'utilisation des moulins à vent pour la production de l'électricité et les expériences d'Askov (p. 177). — L'usure des aciers aux abrasifs (p. 178). — Essais de marteaux perforateurs pneumatiques exécutés dans les mines de pyrite de Saint-Bel (p. 179). — L'emploi rationnel du froid [suite] (p. 180). — Essais d'éclairage au gaz surpressé (p. 181).

Notes d'électricité, par E. SOUPEY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur du B. T. E. (p. 183).

Notes de métallurgie, par P. BREUIL (p. 184).

Notes de chimie, par J. GARÇON (p. 186).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 187).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Enseignement (p. 193). — Législation et réglementation du travail industriel (p. 194). — Statistiques (p. 194). — Concours (p. 195). — Expositions, Congrès, Commissions, Associations (p. 195).

BIBLIOGRAPHIE. — Analyse des ouvrages récemment parus (p. 196).

CONFÉRENCES DE « LA TECHNIQUE MODERNE ». — *L'Electrosidérurgie*, par LÉON GUILLET, Professeur de métallurgie et travail des métaux au Conservatoire National des Arts et Métiers.

SOMMAIRE DU NUMÉRO D'AVRIL 1911

HYDRAULIQUE. — *Crues et inondations*, par G. DARIÈS, Ingénieur municipal de la Ville de Paris (p. 197).

AÉRODYNAMIQUE. — *Les bases scientifiques de l'aviation (suite et fin)*, par L. MARCHIS, Professeur d'aviation à la Faculté des Sciences de Paris (p. 201).

CHEMINS DE FER. — *L'usure ondulatoire des rails*, par Fernand DUBAR, Ingénieur des Arts et Manufactures (p. 205).

— *De la répétition sur les locomotives des signaux de la voie (suite et fin)*, par J. NETTER, ancien Elève de l'Ecole polytechnique, Capitaine du Génie en retraite (p. 208).

— *L'exploitation moderne d'un grand réseau de chemins de fer aux États-Unis (suite et à suivre)*, par G. F. (p. 211).

TRAVAUX PUBLICS. — *Consolidation d'un radier sous voie ferrée au moyen du béton armé*, par A. PICHOT [planche II] (p. 215).

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Les applications récentes des condensateurs industriels (suite et fin)*, par G. FERROUX, Ingénieur electricien, Professeur à l'Institut électrotechnique de l'Université de Grenoble (p. 216).

— *Groupe électrogènes automobiles et projecteurs électriques (à suivre)*, par A. ROUSSEL, Capitaine d'artillerie, ancien Elève de l'Ecole Polytechnique (p. 218).

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Fonctionnement interne des générateurs de vapeur (suite et à suivre)*, par M. EMANAU, ancien Elève de l'Ecole Polytechnique (p. 220).

FILATURE ET TISSAGE. — *Détermination des densités et diamètres des matières textiles à l'état de fils simples (suite et à suivre)*, par J. DANTZER, professeur suppléant au Conservatoire des Arts et Métiers de Paris (p. 221).

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Recherches expérimentales sur la résistance des cordages usités en aérostation (suite et fin)*, par le Capitaine DO, du Bataillon des Aéroliers militaires, ancien Elève de l'Ecole Polytechnique (p. 225).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *L'industrie du goudron de houille (suite et à suivre)*, par G. et V. (p. 227).

CHRONIQUE. — Le XVI^e Congrès de tramways [suite] (p. 229). — Locomotive électrique à turbine (p. 230). — Cylindres en fonte au vanadium (p. 230). — Ecumes de carbonatation pour la fabrication du ciment (p. 230). — Nouvel emploi du pétrole (p. 230). — La commande électrique des raboteuses (p. 231). — Localisation des dérangements des lignes téléphoniques (p. 232). — Nouvelle compensatrice (p. 233). — La durée de vie et la consommation des lampes à incandescence (p. 234). — Aimants permanents (p. 234). — Nouvelles unités électriques (p. 234). — Câbles en cuir à torons (p. 234). — Rivetage des tôles (p. 235). — Rupture d'un cylindre par coup d'eau (p. 236). — Réparation à un cylindre fissuré (p. 236). — Tampon de choc pour ponts roulants (p. 236). — Etai pour plaques (p. 236). — Accouplement élastique (p. 237). — L'élargissement pendant le laminage (p. 237). — Laminage des fers en $\square$ (p. 239). — Usinage de disques (p. 239). — Fonderie (p. 239). — Fer pur (p. 240). — Nouvel antifriction (p. 240). — Nouvel alliage de cuivre (p. 240). — Sondage de la Chazotte et du Gros (p. 240). — Accidents de mines en Prusse (p. 240). — Machine frigorifique à vide (p. 241). — L'emploi rationnel du froid (fin) (p. 243). — Poutre à treillis en béton (p. 244).

Notes de mécanique et physique industrielle, par J. IZART (p. 245).

Notes d'électricité, par E. SOUPEY, Ingénieur des Arts et Manufactures (p. 296).

Notes de métallurgie, par P. BREUIL (p. 248).

Notes de chimie, par J. GARÇON (p. 250).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 253).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Législation et réglementation du travail industriel (p. 257). — Questions économiques (p. 257). — Statistiques (p. 259). — Technologie industrielle (p. 259).

BIBLIOGRAPHIE. — Analyse des ouvrages récemment parus (p. 260).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DE MAI 1911

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — *Turbines et compresseurs ventilateurs*, par Ch. LEMALE, Ingénieur civil (p. 261).

AUTOMOBILE (INDUSTRIE DE L'). — *Etude sur le différentiel*, par le Capitaine RENAUD (p. 264).

CHEMINS DE FER. — *Les travaux d'amélioration de la gare Saint-Lazare et de ses accès*, par E. JANIN, Ingénieur des Arts et Manufactures (p. 226).

— *Vérification et régularisation du tracé des courbes des voies de chemin de fer*, par L. POTIN, Attaché aux Chemins de fer de l'Etat (p. 268).

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Groupe électrogènes automobiles et projecteurs électriques (suite et fin)*, par le Capitaine A. ROUSSEL (p. 270).

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Sur un appareil de mesure des tensions des haubans des aéroplanes*, par le capitaine F. LARGIER (p. 272).

GÉNIE MARITIME. — *La propulsion des bâtiments de combat*, par M. D., Ingénieur de la Marine (p. 274).

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *L'entrepôt général frigorifique d'Épinay (Seine)*, par E. PACORET, Ingénieur des Arts et Métiers (p. 278).

AGRONOMIE. — *Les Machines au Concours général agricole de Paris*, par H. PILLAUD, Ingénieur-Agronome (p. 283).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Les explosifs modernes : Les dynamites*, par L. OTTENDAH, Ingénieur-Chimiste (p. 287).

— *L'industrie de la savonnerie (suite et à suivre)*, par E. BONTOUX, Ingénieur-Chimiste [E.C.I.L.] (p. 291).

Notice biographique du capitaine Tarron, par le Commandant RENAUD (p. 293).

CHRONIQUE. — Le XVI^e Congrès de tramways et de chemins de fer d'intérêt local [fin] (p. 293). — Emploi de turbines à vapeur sur les locomotives (p. 294). — L'eau pulvérisée dans les chambres de plomb (p. 294). — Récupération de l'ammoniaque des gaz de houille (p. 296). — La « direction » des machines d'extraction : moteurs de laminoirs et de centrales à courants triphasés (p. 297). — Les câbles à haute tension (p. 298). — Les isolants dans les champs alternatifs de haute fréquence (p. 299). — La propagation des courants téléphoniques (p. 299). — La durée des poteaux télégraphiques (p. 300). — Le nouveau paquebot *Le Paul-Lecat* (p. 300). — L'épuration des eaux destinées à l'alimentation des villes (p. 301). — Transmission hydraulique [système Janney] (p. 301). — Machine à vapeur tandem à soupapes de 1000 chevaux [système Bollinckx] (p. 302). — La régulation des turbines à gaz (p. 304). — L'élargissement des métaux pendant le laminage [suite] (p. 306). — Affinage électrique de l'acier (p. 306). — Nouvelle méthode pour déterminer exactement le point de fusion des métaux (p. 307). — Les premières expériences anglaises sur la question des poussières (p. 307). — Haveuses électriques dans la Nouvelle-Galles du Sud (p. 308). — Action des courants d'air sur les fils à plomb dans les puits (p. 308). — Autocapteur d'air grisou-teux (p. 308). — Le percement du tunnel de Loetschberg (p. 308).

Notes de mécanique et de physique industrielle, par J. IZART (p. 310).

Notes d'électricité, par E. SOUPEY (p. 311).

Notes de métallurgie, par P. BREUIL (p. 312).

Notes de chimie, par J. GARÇON (p. 314).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 316).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Enseignement (p. 321). — Législation et réglementation du travail industriel (p. 321). — Questions économiques (p. 321). — Statistiques (p. 322). — Technologie industrielle (p. 323).

BIBLIOGRAPHIE. — Analyse des ouvrages récemment parus (p. 324).

CONFÉRENCES DE « LA TECHNIQUE MODERNE ». — *La production et les applications industrielles du froid*, par L. MARCHIS, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

— *Le but et les méthodes de l'Enseignement technique supérieur*, par Henry LE CHATELIER, Membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines.

SOMMAIRE DU NUMÉRO DE JUIN 1911

GÉNIE MARITIME. — *Les applications frigorifiques à bord des Navires de guerre (à suivre)*, par Léon LEFEBVRE, Ingénieur des Arts et Manufactures (p. 325).

TRAVAUX PUBLICS. — *La construction du tunnel du Somport et la Traversée de la Chaîne des Pyrénées (Planche IV)*, par L. D. F. (p. 328).

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — *Considérations sur les moteurs d'aviation (à suivre)*, par Léon LETOMBE, Chargé du Cours de machines thermiques à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures (p. 334).

AVIATION. — *De la construction et de la conduite des aéroplanes (à suivre)*, par E. TARRON, Capitaine du Génie au Laboratoire d'Aéronautique militaire de Chalais-Meudon (p. 337).

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Les installations électriques du Chemin de fer souterrain Nord-Sud (à suivre)*, par G. DROMEL, Ingénieur-Electricien (p. 341).

CHEMINS DE FER. — *Sur les ménisques brillants observés sur la table de roulement de certains rails*, par L. POTIN, Attaché aux Chemins de fer de l'Etat (p. 344).

MINES. — *La distribution et les mouvements secondaires dans les perforatrices et marteaux pneumatiques (à suivre)*, par L. CRUSSARD, Ingénieur au Corps des Mines, Professeur à l'Ecole nationale des Mines de Saint-Etienne (p. 346).

FILATURE ET TISSAGE. — *Détermination des densités et diamètres des matières textiles à l'état de fils simples (suite et fin)*, par J. DANTZER, Professeur suppléant au Conservatoire des Arts et Métiers de Paris (p. 350).

ALIMENTATION (INDUSTRIE DE L'). — *La Tuerie de porcs d'Auber-villiers (Seine)*, par Marcel RIGOTARD, Ingénieur agronome (p. 353).

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Fonctionnement interne des générateurs de vapeur (suite et fin)*, par M. EMANAU, ancien Elève de l'Ecole Polytechnique (p. 355).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *L'industrie du goudron de houille (suite et fin)*, par G. et V. (p. 357).

CHRONIQUE. — *Nouvelle locomotive Mallet du Canadian Pacific Railway* (p. 361). — *Les silico-calcaires* (p. 361). — *Les chantiers et ateliers de Saint-Nazaire (Penhoët)* (p. 364). — *Nouvel électrolyseur à cathode mercurielle pour la préparation du chlore et de la soude caustique (système Whiting)* (p. 366). — *Les turbines hydrauliques : généralités, fonctionnement, calcul de leurs éléments* (p. 367). — *La titration des chlorures appliquée au jaugeage des débits de turbines* (p. 369). — *La régulation des turbines à gaz (suite)* (p. 370). — *L'élargissement des métaux pendant le laminage (suite et fin)* (p. 372). — *Recherches sur la dureté des aciers. Parallèle entre la dureté et la résilience* (p. 373). — *Nouveaux procédés de teinture et d'impression* (p. 374).

Notes de mécanique et de physique industrielle, par J. IZART (p. 375).

Notes d'électricité, par E. SOUPEY (p. 376).

Notes de métallurgie, par P. BREUIL (p. 377).

Notes de chimie, par J. GARÇON (p. 378).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 380).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — *Législation et réglementation du travail industriel* (p. 385). — *Questions économiques* (p. 385). — *Statistiques* (p. 387). — *Technologie industrielle* (p. 387).

BIBLIOGRAPHIE. — *Analyse des ouvrages récemment parus* (p. 388).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DE JUILLET 1911

CHEMINS DE FER. — *Du freinage des trains de marchandises*, par J. NETTER, ancien Elève de l'Ecole Polytechnique, Capitaine du génie en retraite (p. 389).

— *L'exploitation moderne d'un grand réseau de chemins de fer aux Etats-Unis (suite et à suivre)*, par G. F. (p. 392).

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE. — *Tournage automatique des cylindres de laminaires*, par le Capitaine P. GORGEU, de l'Ecole centrale de Pyrotechnie militaire (p. 394).

AVIATION. — *De la construction et de la conduite des aéroplanes (suite et fin)*, par E. TARRON, Capitaine du génie au Laboratoire d'Aéronautique militaire de Chalais-Meudon (p. 396).

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — *Considérations sur les pétrins d'aviation (suite et fin)*, par Léon LETOMBE, Chargé du Cours de machines thermiques, à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures (p. 400).

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *La panification et les pétrins mécaniques (suite et à suivre)*, par J.-A. MONTPELLIER, Président de la Section du Jury des pétrins mécaniques à l'Exposition de Marseille (p. 403).

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Les installations électriques du chemin de fer souterrain Nord-Sud (suite et fin)*, par G. DROMEL, Ingénieur-Electricien (p. 404).

GÉNIE MARITIME. — *Les applications frigorifiques à bord des Navires de guerre (suite et à suivre)*, par Léon LEFEBVRE, Ingénieur des Arts et Manufactures (p. 407).

MINES. — *La distribution et les mouvements secondaires dans les perforatrices et marteaux pneumatiques (suite et à suivre)*, par L. CRUSSARD, Ingénieur au Corps des Mines, Professeur à l'Ecole nationale des Mines de Saint-Etienne (p. 410).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *L'industrie de la savonnerie (suite et à suivre)*, par E. BONToux, Ingénieur Chimiste (p. 413).

CHRONIQUE. — *Résultats obtenus par l'emploi des locomotives à vapeur surchauffée* (p. 414). — *Briquettage des combustibles pauvres et des déchets de combustibles* (p. 414). — *Nouveau mode de préparation du sulfate d'ammoniaque* (p. 415). — *Imperméabilisation des bétons* (p. 415). — *Etalon magnétique Cambridge* (p. 415). — *Influence de la température sur la résistance diélectrique des isolateurs de porcelaine* (p. 416). — *La transformation de la vitesse de l'eau en pression* (p. 416). — *Transmission hydraulique [Système Föttinger]* (p. 416). — *La régulation des turbines à gaz (suite et fin)* (p. 417). — *Presse pneumatique pour le débridage des ressorts à lames* (p. 418). — *Dispositif fumivore simple pour foyer de chaudière à tubes de fumée* (p. 419). — *Machine à emballer automatique*. — *Outil pour tenir les vis sans tête* (p. 419). — *Nouvelle méthode de fabrication des vis* (p. 419). — *Sur l'emploi des courroies de cuir* (p. 420). — *Deux manières de couder les courroies* (p. 420). — *Recherches sur la dureté des aciers. Parallèle entre la dureté et la résilience (suite)* (p. 420). — *L'acier au manganèse* (p. 421). — *Réduction directe du minerai de fer au four électrique* (p. 421). — *L'outillage d'une usine sidérurgique américaine à grande production* (p. 422). — *Variations du coefficient de transmission thermique avec la longueur d'un tuyau* (p. 422). — *Nouveaux procédés de teinture et d'impression* (p. 423). — *Résultats de la réorganisation d'une manufacture canadienne d'armes à feu* (p. 423).

Notes de mécanique et de physique industrielle, par J. IZART (p. 424).

Notes d'électricité, par E. SOUPEY (p. 425).

Notes de métallurgie, par P. BREUIL (p. 427).

Notes de chimie, par J. GARÇON (p. 428).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 429).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — *Questions économiques* (p. 431). — *Statistiques* (p. 434). — *Technologie industrielle* (p. 435).

BIBLIOGRAPHIE. — *Analyse des ouvrages récemment parus* (p. 436).

SOMMAIRE DU NUMÉRO D'AOUT 1911

MÉTALLURGIE. — *Contribution à l'étude des traitements thermiques (à suivre)*, par M. A., ancien Elève de l'Ecole Polytechnique (p. 437).

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *La construction d'une ligne de transport d'énergie électrique*, par Joseph LATOUR (p. 440).

FILATURE ET TISSAGE. — *La commande électrique dans les usines textiles (à suivre)*, par Edouard FONTIGNY, Ingénieur, Professeur de Technologie de Filature de l'Ecole supérieure des Textiles de Verviers (p. 442).

GÉNIE MARITIME. — *Les applications frigorifiques à bord des Navires de guerre (suite et à suivre)*, par Léon LEFEBVRE, Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef des Services techniques de la Société du Froid industriel (p. 415).

CHEMINS DE FER. — *L'exploitation moderne d'un grand réseau de chemins de fer aux Etats-Unis (suite et fin)*, par G. F. (p. 449).

MINES. — *La distribution et les mouvements secondaires dans les perforatrices et marteaux pneumatiques (suite et fin)*, par L. CRUSSARD, Ingénieur au Corps des Mines, Professeur à l'Ecole nationale des Mines de Saint-Etienne (p. 452).

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *La panification et les pétrins mécaniques (suite et à suivre)*, par J.-A. MONTPELLIER, Président de la Section du Jury des pétrins mécaniques à l'Exposition de Marseille (p. 456).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Emploi de la spectroscopie dans l'industrie chimique*, par Eug. GRANDMOUGIN, Professeur de l'Ecole de Chimie de Mulhouse (p. 457).

— *L'industrie de la savonnerie (suite et à suivre)*, par E. BONToux, Ingénieur Chimiste (E. C. I. L.) des Etablissements Rocca, Tassy et de Roux et de la Société Anonyme des Savonneries de la Méditerranée (p. 462).

CHRONIQUE. — *Essais de traction électrique par locomotives équipées avec moteurs à courant monophasé sur le réseau des Chemins de fer du Midi* (p. 463). — *Interrupteur pour la production des courants alternatifs (système Cohen)* (p. 465). — *Appareil pour la mesure graphique et rapide du coefficient de glissement des moteurs d'induction (système Audraut)* (p. 465). — *Procédés électrolytiques pour le décatamge et la*

récupération des déchets de fer-blanc [système P. Jacolliot] (p. 466). — La base navale du cap de Bonne-Espérance (p. 467). — Recherches sur la dureté des aciers. Parallele entre la dureté et la résilience [suite et fin] (p. 470). — Propriétés de l'acier au nickel à 3 % sous différents traitements thermiques (p. 472). — Nouveaux procédés de teinture et d'impression (p. 472). — Indicateur du niveau dans les chaudières à vapeur [système Lvovitch-Kostritsa] (p. 472).

Notes de mécanique et de physique industrielle, par J. IZART (p. 473).

Notes d'électricité, par L. V. B. (p. 474).

Notes de métallurgie, par P. BREUIL (p. 476).

Notes de chimie, par J. GARÇON (p. 477).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 478).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Enseignement (p. 482). — Questions économiques (p. 482). — Statistiques (p. 483). — Technologie industrielle (p. 483).

BIBLIOGRAPHIE. — Analyse des ouvrages récemment parus (p. 484).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DE SEPTEMBRE 1911

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — Régulation des groupes électrogènes, par L. BARBILLION, Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble, Directeur de l'Institut électrotechnique.

CHEMINS DE FER. — Nouvelle formule des salaires et application au cas de l'entretien des voies de chemins de fer, par L. POTIN, Attaché aux chemins de fer de l'Etat.

TRAVAUX PUBLICS. — L'élargissement du pont des Arches, à Liège, par H. P. (p. 490).

MÉTALLURGIE. — Contribution à l'étude des traitements thermiques, par M. A., ancien Elève de l'Ecole Polytechnique (p. 492).

— Etude d'un acier spécial de cémentation, par Pierre BREUIL (p. 494).

GÉNIE MARITIME. — Les applications frigorifiques à bord des navires de guerre (suite et à suivre), par Léon LEFEBVRE, Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef des Services techniques de la Société du Froid industriel (p. 496).

FILATURE ET TISSAGE. — La commande électrique dans les usines textiles (suite et fin), par Edmond FONTIGNY, Ingénieur, Professeur de Technologie de Filature à l'Ecole supérieure des Textiles de Verviers (p. 502).

MECANIQUE APPLIQUÉE. — La panification et les pétrins mécaniques (suite et fin), par J.-A. MONTPELLIER, Président de la Section du Jury des pétrins mécaniques à l'Exposition de Marseille (p. 505).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — L'industrie de la savonnerie (suite et à suivre), par E. BONToux, Ingénieur Chimiste [E. C. I. L.] (p. 507).

CHRONIQUE. — Nouveaux freins à main de la Compagnie des chemins de fer de l'Est (p. 509). — Installations électriques des aciéries de l'Eicher-Hüttenverein, Le Gallais-Metz (p. 513). — La nouvelle usine municipale de désinfection de la Ville de Paris (p. 515). — Machine mi-fixe Compound [système R. Wolf] (p. 516). — Influence de 0,2 % de vanadium sur les aciers de différentes teneurs en carbone (p. 517). — L'agrandissement du port du Havre (p. 518). — Nouveaux procédés de teinture et d'impression (p. 518).

Notes de mécanique et de physique industrielle, par J. IZART (p. 519).

Notes d'électricité, par L. V. B. (p. 520).

Notes de métallurgie, par P. BREUIL (p. 521).

Notes de chimie, par J. GARÇON (p. 523).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 524).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Législation et réglementation du travail industriel (p. 530). — Questions économiques (p. 530). — Statistiques (p. 530). — Technologie industrielle (p. 531).

BIBLIOGRAPHIE. — Analyse des travaux récemment parus (p. 532).

SOMMAIRE DU NUMÉRO D'OCTOBRE 1911

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — La protection des réseaux et installations électriques contre les surtensions (à suivre), par G. CAPART, Ingénieur de la Société Brown, Boveri et C^{ie} (p. 533).

— Régulation des groupes électrogènes (suite et à suivre), par L. BARBILLION, Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble, Directeur de l'Institut électrotechnique (p. 536).

— Procédés actuels de préparation des filaments métalliques pour lampes à incandescence, par J. ESCARD, Ingénieur civil (p. 539).

GÉNIE MARITIME. — L'Institution des Naval Architects (à suivre), par A. MARBEC, Ingénieur en chef du Génie maritime (p. 544).

— Les applications frigorifiques à bord des navires de guerre (suite et à suivre), par Léon LEFEBVRE, Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef des Services techniques de la Société du Froid industriel (p. 545).

USINES (ORGANISATION SYSTÉMATIQUE DES). — Principes généraux de l'organisation systématique des machines et des usines, par E. BELOT, ancien Elève de l'Ecole Polytechnique, Directeur des Manufactures de l'Etat (p. 547).

AÉRODYNAMIQUE. — La stabilisation automatique longitudinale des aéroplanes, par Ad. DOUTRE (p. 550).

MÉTALLURGIE. — Etude d'un acier spécial de cémentation (suite et fin), par Pierre BREUIL (p. 555).

— Contribution à l'étude des traitements thermiques (suite et fin), par M. A., ancien Elève de l'Ecole Polytechnique (p. 560).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — La fabrication des extraits tanniques (à suivre), par D. MEUNIER, Docteur ès Sciences, Chargé de Cours à l'Université de Lyon (p. 562).

CHRONIQUE. — Au sujet d'une explication du vol des oiseaux (p. 565). — Perfectionnements aux appareils du bloc-système (p. 566). — Traction électrique par courant alternatif monophasé transformé en courant continu sur la locomotive (p. 568). — Station filtro-ozonatrice de Saint-Petersbourg (p. 570). — Nouveau système de protection pour câbles à haute tension (p. 570). — Moteur du type à flotteurs, actionné par les vagues (p. 571). — Un nouveau compresseur double [système Sulzer] (p. 571). — Transporteurs [système A. Bleichert] (p. 572). — Le centrage sur le tour (p. 573). — Observations sur le fonctionnement des récupérateurs dans les fours Martin (p. 574). — Le forgeage mécanique (p. 575). — La soudure autogène des métaux (p. 576). — La coloration du papier en surface (p. 578). — La maison moulée de Santpoort (p. 579).

Notes de mécanique et de physique industrielle, par J. IZART (p. 581).

Notes d'électricité, par L. V. B. (p. 582).

Notes de métallurgie, par P. BREUIL (p. 583).

Notes de chimie, par J. GARÇON (p. 584).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 587).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Législation et réglementation du travail industriel (p. 594). — Questions économiques (p. 594). — Statistiques (p. 595).

BIBLIOGRAPHIE. — Analyse des ouvrages récemment parus (p. 596).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DE NOVEMBRE 1911

VERRERIE (INDUSTRIE DE LA). — La fabrication des grandes pièces en verre creux et les procédés modernes de soufflage du verre (à suivre), par A. GRANGER, Professeur à l'Ecole de Céramique, Chef des Laboratoires d'essais de la Manufacture de Sèvres (p. 597).

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — Calculs des compresseurs centrifuges, par Ch. LEMALE, Ingénieur civil (p. 600).

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — Sur le tirage rationnel des générateurs de vapeur (à suivre), par J. IZART, Ingénieur civil des Mines (p. 604).

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — Les nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité, par L. D. F. (p. 608).

— La protection des réseaux et installations électriques contre les surtensions (suite et à suivre), par G. CAPART, Ingénieur de la Société Brown, Boveri et C^{ie} (p. 610).

CHEMINS DE FER. — Les automotrices benzo-électriques dans l'exploitation du chemin de fer des mines de Carvin, par A. G. (p. 613).

MINES. — Le creusement des puits par congélation en Campine, par Ad. BREYER, Ingénieur au Corps des Mines de Belgique (p. 614).

GÉNIE MARITIME. — L'Institution des Naval Architects (suite et à suivre), par A. MARBEC, Ingénieur en chef du Génie maritime (p. 619).

TRAVAUX PUBLICS. — Applications de l'air comprimé à la perforation des grands souterrains (à suivre), par H. VILLETARD, Ingénieur des Arts et Manufactures (p. 622).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — La fabrication des Extraits tanniques (suite et à suivre), par L. MEUNIER, Chargé de Cours à l'Université de Lyon (p. 625).

CHRONIQUE. — Automotrices à courant monophasé à 6 000 volts des chemins de fer du sud de la France (p. 629). — Locomotive électrique pour train rapide de la ligne Dessau-Bitterfeld [Etat prussien] (p. 630). — Locomotive électrique pour train de marchandises de la ligne Dessau-Bitterfeld [Etat prussien] (p. 630). — La manutention mécanique du combustible dans les grands dépôts de la Compagnie du Chemin de fer d'Orléans (p. 631). — Série de prix types pour un réseau de chemins de fer (p. 631). — Le caoutchouc de synthèse (p. 632). — Détérioration des chambres de plomb par le fluor contenu dans les blendes (p. 634). — Les grues électriques du port d'Anvers (p. 634). — Fabrication des crayons des lampes à arc (p. 636). — Les cuirassés Jean-Bart et Courbet (p. 638). — Groupes des ressorts à boudins (p. 638). — Le chauffage des chaudières au charbon pulvérisé (p. 640). — Dispositif interne pour le chauffage des chaudières à vapeur par le naphte [système Akman] (p. 641). — Des procédés à employer pour colorer les métaux (à suivre) (p. 641). — Propriétés du duralumin (p. 643). — La coloration du papier en surface [suite et fin] (p. 644). — Nouveau procédé de construction en béton armé (p. 644).

Notes de mécanique et de physique industrielle, par J. IZART (p. 647).

Notes d'électricité, par A. R. GARNIER (p. 648).

Notes de métallurgie, par P. BREUIL (p. 650).

Notes de chimie, par J. GARÇON (p. 651).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 652).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Enseignement (p. 658). — Législation et réglementation du travail industriel (p. 658). — Questions économiques (p. 658). — Statistiques (p. 659).

BIBLIOGRAPHIE. — Analyses des ouvrages récemment parus (p. 660).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DE DÉCEMBRE 1911

- AVIATION.** — *Les Aéroplanes au Salon de 1911 (à suivre)*, par L. MARCHIS, Professeur d'aviation à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris (p. 661).
- AÉRODYNAMIQUE.** — *Appareil permettant la détermination directe du taux de sustentation d'un modèle d'aéroplane*, par le Capitaine A. LAFAY, Professeur à l'Ecole Polytechnique (p. 665).
- ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE.** — *La protection des réseaux et installations électriques contre les surtensions (suite et à suivre)*, par G. CAPART, Ingénieur de la Société Brown, Boveri et C^{ie} (p. 668).
- *Régulation des groupes électrogènes (suite et à suivre)*, par L. BARBILLION, Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble, Directeur de l'Institut Electrotechnique (p. 674).
- GÉNIE MARITIME.** — *La propulsion des navires de combat (à suivre)*, par M. DROSNE, Ingénieur de la Marine (p. 677).
- *Les applications frigorifiques à bord des navires de guerre (suite et à suivre)*, par Léon LEFEBVRE, Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur général de la Société du Froid industriel (p. 680).
- CHEMINS DE FER.** — *Les derniers types de locomotives à l'Exposition de Turin 1911*, par S. (p. 683).
- PHYSIQUE INDUSTRIELLE.** — *Sur le tirage rationnel des générateurs de vapeur (suite et à suivre)*, par J. IZART, Ingénieur civil des Mines (p. 687).
- VERRERIE (INDUSTRIE DE LA).** — *La fabrication des grandes pièces en verre creux et les procédés modernes de soufflage du verre (suite et fin)*, par A. GRANGER, Professeur à l'Ecole de Céramique, Chef des laboratoires d'essais de la manufacture de Sèvres (p. 691).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *On peut et on doit perfectionner la poudre B.* par Jacques DELPECH, Ingénieur-chimiste, Ancien directeur de la Fabrique de nitrocellulose et de soie artificielle de Padoue (p. 693).

— *La fabrication des extraits tanniques (suite et à suivre)*, par Louis MURNIER, Docteur ès sciences, Chargé de cours à l'Université de Lyon (p. 695).

CHRONIQUE. — Utilisation de l'aéroplane pour le réglage des tirs d'artillerie de campagne (p. 697). — Le rongage de l'indigo par les hydro-sulfites (p. 697). — Pôles additionnels pour transformateurs (p. 698). — Nouvelle machine électrique pour l'essai des matériaux (p. 700). — Ascenseur hydraulique pour bateaux (p. 701). — Barrages et siphons automatiques (p. 702). — Note sur l'immersion automatique des soutes à poudre B (p. 703). — Recherches thermodynamiques sur les moteurs Diesel à marche rapide (p. 705). — Moteurs à gaz à deux temps de grande puissance (p. 707). — Des procédés à employer pour colorer les métaux (suite et fin) (p. 708). — Le pont de tonnage (p. 708). — La combustion catalytique et ses applications industrielles (p. 709). — La prévention industrielle des fumées (p. 711). — Le dessèchement du Zuyderzée (p. 711).

Notes de mécanique et de physique industrielle, par J. IZART (p. 713).

Notes d'électricité, par L. V. B. (p. 714).

Notes de métallurgie, par P. BREUIL (p. 716).

Notes de chimie, par J. GARÇON (p. 717).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 718).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Enseignement (p. 722). — Expositions et Congrès (p. 722). — Questions économiques (p. 723). — Statistiques (p. 723).

BIBLIOGRAPHIE. — Analyse des ouvrages récemment parus (p. 724).

Les Appareils de Levage, de Transport et de Manutention mécanique

DANS LES

**Usines, Chantiers de travaux publics, Entrepôts, Docks, Ports,
Mines, Chemins de fer, etc.**

FASCICULE IV

Les Appareils de Levage de Transport et de Manutention mécanique

DANS LES

**Usines, Chantiers de travaux publics, Entrepôts, Docks,
Ports, Mines, Chemins de fer, etc.**

PAR

ÉTIENNE PACORET

INGÉNIEUR CIVIL

PARIS

H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS

47 ET 49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS

1911

Bibliothèque de "La Technique Moderne" — Fascicule IV

LES APPAREILS DE LEVAGE, DE TRANSPORT ET DE MANUTENTION MÉCANIQUE

dans les Usines, Chantiers de travaux publics, Entrepôts, Docks, Ports, Mines,
Chemins de fer et Magasins, etc.

Par A. PACORET, Ingénieur civil

Le XIX^e siècle, surnommé le siècle de l'acier, a vu le développement prodigieux de l'industrie. Pour les besoins de cette industrie et au fur et à mesure de son perfectionnement, les appareils de levage se créèrent de plus en plus puissants, bénéficiant de nouvelles découvertes comme celle de l'électricité, et des progrès de la métallurgie et de la construction mécanique.

Alors que, au début du XIX^e siècle, les appareils de levage utilisés ne comptaient guère que les leviers, les poulies, quelques treuils mécaniques, nous disposons maintenant d'appareils pneumatiques, hydrauliques, électriques, soulevant des charges de 200 tonnes et plus, déplaçant, transportant ces énormes fardeaux à des distances parfois considérables pour les déposer à l'endroit déterminé avec autant de facilité, de précision que de douceur.

Cries, vérins, palans, treuils, monte-charges et ascenseurs, ponts roulants, grues, transporteurs aériens, transbordeurs, déchargeurs, plans inclinés, chargeurs automatiques de hauts fourneaux, cornues à gaz, etc., etc., les appareils de levage existent sous les formes les plus variées, adaptés aux besoins particuliers du travail à exécuter.

Nous avons établi trois divisions dans cette multitude d'appareils de levage et de manutention, qui forment trois parties dans cet ouvrage.

1^o Les engins complets pouvant fonctionner isolément :

Cries,	Cabestans,
Vérins,	Treuils.
Palans,	

2^o Les appareils de levage combinés dont les éléments constitutifs comprennent les engins de la première partie, tels sont :

Ascenseurs,	Grues,
Monte-charges,	Bigues.
Ponts roulants,	

3^o Les appareils de manutention :

Porteurs roulants et gerbeuses,
Transporteurs à organes de traction sans fil,
Câbles transporteurs aériens,
Voies suspendues électriques,
Chariots trolleys,
Bennes,
Trainage sur voie,
Transbordeurs et déchargeurs,
Plans inclinés,
Manutention dans les usines métallurgiques,
Manutention dans les hauts fourneaux,
Manutention dans les usines à gaz.

PREMIÈRE PARTIE

APPAREILS DE LEVAGE ISOLÉS

CRICS

Les crics sont utilisés pour les fardeaux volumineux qui ne doivent être soulevés qu'en un de leurs points et remis en place par une descente douce et régulière. Ils n'ont qu'une faible course (700 millimètres au maximum) et servent en particulier pour le relevage des voies de chemins de fer et de tramways, des wagons, des voitures, des blocs de pierre, des pièces de charpente, etc. On les emploie isolément ou par paires.

Les plus simples de ces appareils sont constitués par une crémaillère porteuse engrenant avec un pignon, lequel engrène à son tour avec une roue qui conduit un autre pignon calé

sur l'arbre de la manivelle. Un encliquetage empêche la manivelle de se détourner. Les crics ordinaires se font aussi avec une vis tangente remplaçant la crémaillère; mais la réversibilité de l'engin est obtenue au détriment de son rendement. Certains constructeurs ont cherché à diminuer le frottement de la vis par l'emploi de dispositifs ingénieux tels qu'un écrou à galets ou d'écrous portés sur billes.

Dans les appareils modernes, on a remplacé la manivelle par un levier, qui donne le mouvement soit à une vis sans fin, soit à une crémaillère.

Les crics à engrenages et vis sans fin manœuvrés par levier à encliquetage (fig. 1) remplacent avantageusement les vérins hydrauliques, car ils lèvent plus vite et sont moins encom-

brants. Leur force varie de 15 tonnes à 70 tonnes et leur hauteur de levée de 180 millimètres à 600 millimètres. Ils se construisent entièrement en acier et fonte malléable ; les engrenages sont forgés et ont leur denture taillée à la machine. La vis, à filet spécial, est en acier et l'écrou est en bronze. Les coussinets sont du type à rouleaux de très grande surface, donnant aux appareils le maximum de rendement avec le coefficient de frottement le plus faible. L'encliquetage est formé d'une roue à denture spéciale et d'une tige en acier constituant le cliquet.

Les crics à levier et crémaillère se divisent en trois catégories, savoir : les crics à descente instantanée, les crics à descente automatique et les crics à descente automatique instantanée. La première catégorie se subdivise en crics à levier simple et en crics à levier compound.

FIG. 1. — Cric à engrenage et vis sans fin, manœuvré par levier à encliquetage. (Système Glaenzer et Perreaud.)

Le mécanisme des crics à descente instantanée élève la charge d'une dent de la crémaillère en abaissant le levier. L'élévation de ce dernier remet les cliquets en place pour l'opération suivante. Ceci est obtenu par la combinaison de deux cliquets dont l'un a son axe mobile par rapport à celui du levier et sert à faire monter la charge, l'autre cliquet à axe fixe servant à la retenir.

Le mécanisme des crics du même genre à levier compound (fig. 2) est établi pour que la charge s'élève d'une demi-dent de la crémaillère à chaque abaissement et à chaque relevée du levier. On obtient ce résultat au moyen de deux cliquets, dont les axes sont



FIG. 2. — Cric à levier compound et à descente instantanée. (Système Glaenzer et Perreaud.)



FIG. 3. — Cric à descente automatique instantanée et à levier compound. (Système Glaenzer et Perreaud.)

mobiles par rapport à l'axe de rotation du levier. La descente se fait instantanément, quelle que soit la hauteur à laquelle se trouve la charge, par la manœuvre d'un cliquet placé sur le côté.

Les crics à descente automatique et à levier compound sont spécialement désignés pour les fardeaux demandant une descente douce et régulière.

La descente est automatique, modérée et régulière, quelle que soit la hauteur de charge. Elle s'opère par la simple manœuvre d'un excentrique placé sur le côté du bâti du cric. Elle peut s'effectuer soit avec le levier, et alors la descente dépend de la manœuvre, soit automatiquement en laissant le levier libre, après avoir manœuvré l'excentrique. La construction de ces crics est telle

que la charge s'élève d'une demi-dent de la crémaillère en abaissant le levier et d'une demi-dent en le remontant.

Ces engins sont plus spécialement destinés à soulever les machines automobiles et machines agricoles, les voitures de tramways électriques ou autres.

Les crics à descente automatique instantanée et à levier compound (fig. 3) sont une combinaison du cric à descente instantanée et du cric à descente automatique.

Tous ces crics se construisent pour des forces de 1.000 kilogrammes à 20.000 kilogrammes, avec une hauteur de levée variant de 114 millimètres à 255 millimètres.

Les crics à friction américains (fig. 4), à descente instantanée, ont leur levier de manœuvre et leurs colliers combinés de telle façon que lorsque le levier supérieur a produit la levée, le collier inférieur vient coincer la barre de levage et la retient en place, et cette retenue est d'autant plus rigoureuse

que la charge est plus forte. La barre de levage est carrée et lisse et ses colliers viennent coincer sur elle en diagonale, de telle sorte que le glissement est impossible. La genouillère qui agit sur le collier de levage transmet son effort maximum quand le levier de manœuvre est horizontal ; on utilise cette particularité pour décoller les voies quand le ballast est trop tassé ou que le terrain est gelé. Pour opérer la descente, le levier de manœuvre est placé dans une position horizontale, pour que le collier de levage supporte la charge ; une cheville empêche le collier de retenue de coincer. On relève le collier et la charge descend instantanément.

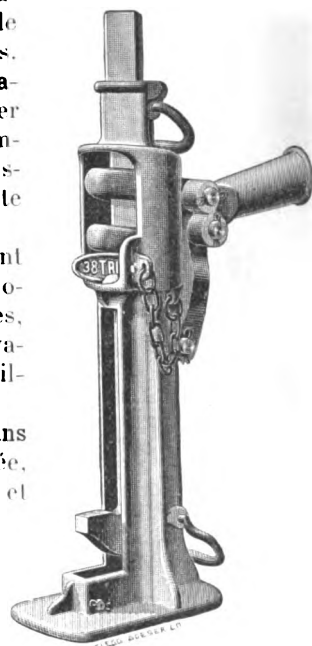


FIG. 4. — Cric à levier, à friction, à descente instantanée. (Système Joyce, Criddleland Co.)

VÉRINS

Ces appareils servent à soulever des masses lourdes ramassées sur une assise de peu d'étendue, telles que voitures, camions, locomotives, etc.

Vérins à bras. — Les vérins ordinaires sont désignés sous les noms de vérins à trépieds, vérins à cliquet et vérins à chariot. L'organe capital de ces sortes d'engins est une vis tournant dans un écrou.

Comme perfectionnements apportés dans la construction des vérins mus à bras d'hommes, nous citerons les vérins à vis télescopiques et les vérins à double vis.

Les vérins à vis télescopiques (fig. 5) présentent des avan-



FIG. 5. — Vérin à vis télescopique. (Système Joyce, Criddleland Co.)

tages appréciables sur les vérins à simple vis; la levée s'effectue beaucoup plus rapidement, l'encombrement en hauteur (les vis abaissées) est réduit au minimum; enfin le travail absorbé en friction n'est guère plus élevé que dans les vérins ordinaires, de sorte que le travail produit par le même effort est presque double.

Chaque grandeur de ces vérins est fabriquée en deux modèles: celui à trous et celui à rochet, où la vis est commandée par un levier à cliquet.

Ces engins se construisent pour des forces de 5.000 kilogrammes à 22.000 kilogrammes et des levées de 200 millimètres à 400 millimètres.

Les vérins à double vis (fig. 6 et 7)

donnent, pour le même effort, une levée double de celle des vérins ordinaires dans un temps donné et la charge restant la même, parce que le frottement perdu sous la tête des vérins ordinaires est utilisé dans le mouvement de la vis supérieure. Le filet des vis a une forme trapézoïdale, dont l'un des flancs est normal à la vis et supporte l'effort, tandis que l'autre est incliné; la vis est donc très résistante et travaille avec le minimum d'usure et de frottement possible.

Ces appareils s'établissent en trois modèles: le modèle à trous, le modèle à fourche et celui à rochet. Ils sont reconnus très pratiques et très commodes pour les constructions en fer, dans les chantiers maritimes, les arsenaux, les ateliers de grosse mécanique ainsi que sur les chemins de fer et, comme ap-

pareils de secours, sur les locomotives et dans les fourgons. On les construit pour des puissances de 10.000 kilogrammes à

45.000 kilogrammes et des levées variant de 100 millimètres à 600 millimètres.

On peut obtenir une mise au point rapide des vérins à l'aide d'une construction spéciale de l'écrou, lequel consiste en deux segments en bronze spécial, supportés par des goujons en acier glissant dans des rainures inclinées; ces segments d'écrou peuvent, au moyen de poignées, être dégagés de la vis ou engagés; dans le dernier cas, les moitiés d'écrou reposent dans le fond de leur logement.

Pour monter rapidement la vis à une hauteur désirée, il suffit de la soulever en la saisissant par la tête ou la douille du levier; pour la descendre, il faut ouvrir préalablement les demi-écrous à la hauteur voulue; cette dernière opération est faite facilement par un seul ou-

la vis, le vérin est employé à la manière ordinaire: la charge s'oppose, en effet, au dégagement des écrous, qui n'est possible que lorsque la vis n'est soumise à aucune pression.

Vérins hydrauliques. — Les vérins à bras n'ont qu'un rendement de 0,45, tandis qu'avec les vérins hydrauliques on peut atteindre 0,65. Le vérin hydraulique est une véritable presse hydraulique (fig. 9) dont le petit piston *a* est actionné à l'aide d'une manette *c*. Le corps inférieur reçoit le piston *p*, qui forme corps avec la palte de l'appareil. L'eau est refoulée dans le corps de pompe inférieur *d*; en desserrant la vis conduite par la manette *f*, l'eau remonte dans le réservoir et le vérin descend. La vis *g* doit être desserrée un peu pour permettre la rentrée de l'air. Ces appareils se construisent couramment pour des forces de 3.000 à 60.000 kilogrammes avec une course allant de 0^m,15 à 0^m,25, selon la force du vérin.

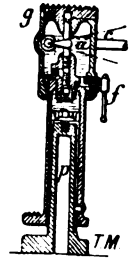


Fig. 9.

Pour les grandes manœuvres de force, il existe une série d'appareils analogues, de forme basse et de course moindre, allant jusqu'à 200 tonnes.

Le vérin hydraulique type Joyce, Cridland Co se recommande par sa construction simple et soignée; il est établi de façon telle que chaque pièce est facilement accessible en cas de dérèglement ou de réparation.

Le levier de manœuvre consiste en une simple barre d'acier dont l'extrémité s'ajuste dans la mortaise d'un manchon fixé à l'axe. Un talon sur ce levier limite son entrée dans le manchon, mais en outre, comme on le verra plus loin, suivant qu'il sera traversé en bas ou en haut pendant la manœuvre, le vérin montera ou descendra.

L'axe du levier, en acier fin trempé, passe à l'avant dans une garniture en cuir dont le presse-garniture, en acier à outil, vissé dans la tête du vérin, constitue l'une des portées de cet axe. Sur la face extérieure, ce presse-garniture est percé de huit trous à goupille venant correspondre tour à tour avec un trou de même diamètre dans le manchon du levier de manœuvre, de telle sorte que, pour serrer la garniture, il suffit, lorsque le levier est relevé, de passer une goupille dans le manchon et le trou correspondant du presse-garniture et de visser plus avant ce dernier en baissant le levier.

Cet axe actionne la tige du piston de pompe par une courte manivelle en acier calée sur le carré de la tige. Une vis à téton sur le côté de la tête du vérin et s'ajustant dans une rainure circulaire que porte l'axe à son extrémité arrière, évite tout déplacement latéral de ce dernier. Cet axe se démonte en desserrant la vis et en tirant par l'avant.

Deux butoirs, l'un en haut, venu de fonte la tête du vérin, et l'autre en bas, rapporté avec une vis et deux goupilles, limitent la course du levier de manœuvre. Le démontage du butoir intérieur est nécessaire pour faciliter la visite et la réparation du piston de pompe.

Le bouchon de trou de remplissage est en laiton et vissé à force dans la tête. Il comporte deux petits clapets à ressort, l'un ouvrant à l'intérieur et l'autre à l'extérieur (à la place du simple trou d'air habituel), qui permettent l'arrivée et l'échappement de l'air nécessaire dans le réservoir du vérin, et qui cependant empêchent les pertes de liquide, quand le vérin est employé couché.

Pour la montée, on introduit le levier de manœuvre dans son manchon en tournant son talon vers le bas, puis on manœuvre ce levier de toute son amplitude; le talon, dans

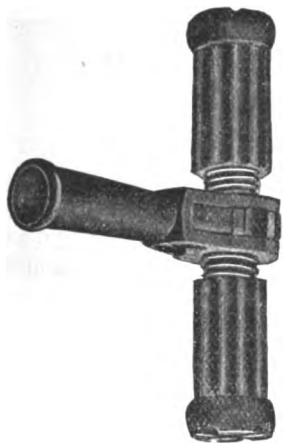


Fig. 6. — Vérin à cliquet à double vis. (Système Joyce, Cridland Co.)

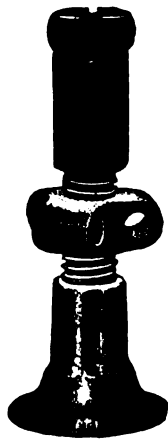


Fig. 7. — Vérin à trous à double vis. (Système Joyce, Cridland Co.)



Fig. 8. — Vérin à rochet à réglage rapide. (Système Joyce, Cridland Co.)

cette position, empêche que le piston de pompe descende à fond de course.

Chaque fois que le piston de pompe remonte sous l'action du levier de manœuvre, le clapet d'aspiration G (fig. 10) s'ouvre et le liquide se précipite, par les orifices ménagés à cet effet, du réservoir placé dans le piston C et au-dessus de la tête F, dans l'espace vacant sous le piston de pompe; mais dès que ce dernier redescend, le clapet G se referme et la pression du liquide, forçant le clapet de décharge H à s'ouvrir, le liquide passe sous la tête du piston F, et ce dernier s'élève légèrement, faisant monter la charge.

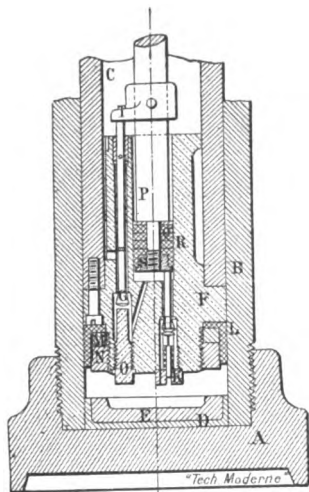


Fig. 10.

soit vers le haut; de la sorte le levier de manœuvre peut descendre un peu plus bas, et après l'avoir levé légèrement on le baisse à fond sur son butoir. A ce moment, le piston de pompe descendant à fond de course vient appuyer, par l'écrou S et le talon du collier T, sur les clapets de décharge et d'aspiration, et le liquide qui se trouve au-dessous du piston passe au-dessus sous le poids de la charge, et même sous le poids seul du piston et de ses organes; ce dernier et la charge descendent donc.

L'échappement du liquide et par suite la descente de la charge se font d'autant plus vite que cette dernière est plus grande, mais toujours modérément.

Ces engins se construisent pour des puissances de 3.000 kilogrammes à 15.000 kilogrammes et avec une levée variant de 150 à 610 millimètres.

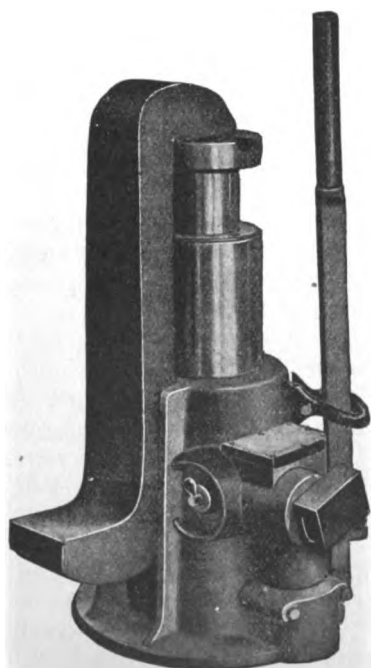


Fig. 11. — Vérin avec double pompe et crochet à talon. (Système Joyce, Cridland Co.)

La même firme établit des modèles avec simple ou double pompe extérieure et crochet à talon (fig. 11). La pompe, logée sur un côté de la base parallèlement au cylindre, est constituée par un corps cylindrique en bronze dur dans lequel sont ménagés les valves et les passages du liquide; ce corps est maintenu dans son logement par une rondelle vissée sous la base et laissant un accès facile aux valves en vue de leur démontage. Le liquide est amené à la pompe par un tube passant autour du cylindre et dont l'extrémité débouche dans la partie du réservoir opposée à la pompe, de telle sorte que la totalité du liquide ne peut être utilisée même en se servant du vérin dans la position horizontale.

Dans les engins à double pompe, le corps reçoit deux pis-

tons semblables au précédent, mais l'un d'eux, qui constitue la pompe auxiliaire, n'est actionné par l'axe du levier de manœuvre que lorsque les dents d'un manchon, couissant sur cet axe sous l'action d'une petite poignée *ad hoc*, viennent s'engager dans celles de la manivelle qui l'actionne. Il en résulte que lorsque la petite poignée sera relevée, ce qui embraye la pompe auxiliaire, les deux pompes agiront en même temps, produisant une montée rapide que l'on utilise avec avantage pour régler le vérin sous la charge, ou pour lever les faibles poids; mais, si au contraire la même petite poignée est tournée dans le sens opposé et vers le bas, la pompe à haute pression agit seule et on obtient la puissance maximum du vérin, la vitesse de levée diminuant en proportion inverse.

Avec cet engin on peut élever jusqu'à 180.000 kilogrammes avec une course de 305 millimètres.

Vérins pneumatiques. — Ces appareils rendent de grands services pour la levée rapide des charges. Ils permettent de réaliser une économie importante pour la mise en chantier des pièces lourdes sur les machines-outils, l'ouvrier évitant ainsi un aide pour la levée des pièces.

Ils peuvent être employés verticalement, horizontalement, sous toute inclinaison. La levée maximum d'un vérin est limitée par la course du piston et toutes les levées inférieures peuvent être obtenues rapidement par la simple manœuvre de manettes. L'arrêt automatique du piston, soit à fin de course, de façon à empêcher tout choc brutal contre le fond du cylindre supérieur, soit en un point quelconque de sa course, est réglé par la présence d'une butée prévue à cet effet.

Une valve permet l'arrêt complet de l'admission de l'air (arrêt), l'admission de l'air (montée), l'échappement de l'air (descente). Les variations d'ouverture sont fonction des vitesses du vérin.

Le fonctionnement de ces appareils n'est jamais arrêté par la gelée et la consommation d'air est proportionnelle au travail effectué et non à la course du piston. La pression de l'air comprimé est généralement de 4 à 7 kilogrammes par centimètre carré.

On construit ces appareils pour des puissances variant de 400 à 10.000 kilogrammes. La consommation réelle d'air ramené à la pression atmosphérique, sous pression de 6 kilogrammes et pour chaque 30 centimètres de course, est fournie par le tableau ci-après.

DIAMÈTRE du cylindre en millimètres	PUISSANCE réelle en kilogrammes	CONSOMMATION d'air en litres
100	400	20
130	650	31
150	900	44
180	1.250	66
200	1.650	81
230	2.100	104
250	2.600	121
300	3.700	185
350	5.200	260
430	7.250	370
480	9.000	454

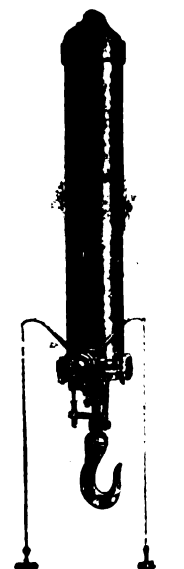


Fig. 12. — Vérin pneumatique. (Construction Glaenzer et Perreaud.)

Il est expliqué que les puissances indiquées s'entendent

avec de l'air à 6 kilogrammes. On peut monter les vérins sur chariots roulant sur poutres. A cet effet le vérin est muni de tourillons disposés au-dessus de son centre de gravité et supportés par les flasques du chariot. Cette disposition permet de compenser l'espace perdu dû à la hauteur de la poutre, du chariot de poutre et du crochet de suspension.

Vérins électriques. — Comme dans beaucoup d'autres circonstances, c'est l'électricité qui a fourni la solution véritablement rationnelle de cette sorte d'engin de levage. On fait ainsi non seulement des économies sérieuses sur la main-d'œuvre, mais tout en accélérant le travail, on le rend plus régulier et plus sûr.

En général, le moteur et tous ses organes de transmission ne sont pas installés à poste fixe, mais ils forment un dispositif facile à transporter, de façon à pouvoir actionner successivement les divers groupes de vérins en service dans un chantier.

La Société Felten et Guillaume-Lahmeyerwerke, de Francfort, qui a appliqué l'électricité au levage des locomotives, a réalisé des types d'installation qui constituent de bons exemples de cette pratique.

En accouplant entre eux, par des organes de transmission, les quatre vérins nécessaires pour soulever une locomotive ou un wagon, un seul moteur électrique peut suffire à les actionner. Ce moteur est monté sur un chariot et il commande, au moyen de deux arbres de longueur réglable, les deux vérins situés d'un côté de la locomotive. Le mouvement du même moteur se transmet, en même temps aux deux vérins installés de l'autre côté de la machine à soulever, par des pignons dentés et des chaînes Galle.

La Société F. G. L. a installé un dispositif de ce genre aux ateliers des chemins de fer de l'Etat à Ratibor. Les vérins y sont mis en mouvement par un moteur shunt à courant continu de 9 chevaux tournant à 820 tours, sous 220 volts. Ils peuvent soulever une charge maximum de 75.000 kilogrammes à la vitesse de 90 millimètres par minute.

On peut, si les circonstances s'y prêtent, se servir, pour actionner les vérins destinés à soulever les wagons ou les locomotives, du moteur qui existerait déjà, par exemple, pour la commande d'un transbordeur ou d'une plaque tournante. Il suffit pour cela que les vérins se trouvent précisément dans leur voisinage immédiat. Il faut alors que la commande de la plaque tournante puisse être débrayée pendant que le moteur électrique actionne les vérins.

Une installation de ce dernier système a été réalisée dans les ateliers berlinois des chemins de fer prussiens. Une plaque tournante, qui était précédemment manœuvrée à la main, fut transformée pour recevoir un équipement électrique. Celui-ci consiste en un moteur asynchrone à bagues de 7 HP tournant à 1.450 tours, alimenté sous 220 volts et qui attaque l'une des roues de la plaque par l'intermédiaire d'un engrenage à vis sans fin, de manière à donner à la plaque une vitesse périphérique de 40 centimètres par seconde.

L'accouplement entre le moteur et la vis sans fin est élastique ; le manchon est disposé pour servir de poulie de frein, tandis que l'engrenage peut être débrayé. Après le débrayage, l'arbre de commande de la plaque tournante peut être relié aux vérins et les mettre en mouvement par l'intermédiaire de joints universels et d'un arbre de longueur réglable.

Ces dispositifs de commande électrique sont très peu coûteux et leur prix d'achat est bientôt amorti par l'économie de main-d'œuvre qui résulte de leur emploi.

PALANS

Palans ordinaires. — La découverte de la moufle fut à l'origine un progrès important pour le levage des charges. Mais l'inconvénient de la moufle ordinaire réside dans l'obligation de faire constamment effort pour maintenir le poids suspendu.

A l'aide de dispositifs d'enrayage, on obtient l'arrêt automatique et instantané à chaque traction faite sur le garant, même pour les cordes graissées comme celles des moufles d'abattoirs. De plus, il est impossible d'opérer des déclenchements par erreur de manœuvre.

Un autre perfectionnement consiste dans l'emploi des chaînes au lieu des cordes, lesquelles ont le fâcheux inconvénient de se tordre et de se raidir. La substitution de la chaîne permet, avec le même effort, de lever un poids plus lourd. Ainsi, avec les moufles à corde à trois poulies par exemple, un homme de force ordinaire peut soulever 130 à 210 kilogrammes, tandis qu'avec une paire de moufles à chaînes, il montera 170 à 250 kilogrammes.

Les **moufles Chevenier** (fig. 13) à arrêt instantané et de sûreté constituent un perfectionnement sérieux des moufles ordinaires. La partie du haut et celle du bas sont composées de poulies et de flasques, avec cette différence que, dans la moufle du haut, le garant passe sur deux poulies fixées dans un balancier oscillant, au lieu de glisser sur une poulie fixe. Entre les flasques est rivé un levier de serrage à bout arrondi formant pince avec la poulie de tête et servant à arrêter la corde. Ce levier est relié à un autre levier, dit de déclenchement, fixé aux flasques, appareil de sûreté servant à ouvrir la pince et à laisser passer librement la corde.

Ces moufles permettent d'employer avantageusement des chaînes en remplacement des cordes ; ainsi un homme de force ordinaire peut soulever avec une paire de moufles :



Fig. 13. — Moufle Chevenier à arrêt automatique et déclenchement de sûreté.

	A 2 POULIES	A 3 POULIES	A 4 POULIES
A corde.....	10 à 120 kg.	120 à 200 kg.	150 à 220 kg.
A chaîne.....	100 à 160 kg.	150 à 230 kg.	200 à 300 kg.

Les moufles Chevenier ont été reconnues particulièrement précieuses pour le levage des poteaux télégraphiques ou de transport d'énergie électrique.

La moufle a conduit à l'invention du **palan ordinaire**, puis Weston imagina son palan différentiel qui augmentait déjà d'une façon notable le rendement réalisé avec les moufles à grande multiplication d'effort, et on arriva successivement à l'emploi des palans à vis sans fin non réversibles, de tous systèmes, toujours d'un rendement assez bas, puis aux palans à engrenages droits à rendement élevé, et enfin aux palans électriques.

Aujourd'hui le palan est d'un usage très répandu. Ainsi, dans les ateliers de construction, il n'est pas rare de voir chaque machine possédant son palan particulier, suspendu à une potence. Il est fixe sur celle-ci qui est pivotante, ou roulant sur sa flèche horizontale. On évite de cette façon de recourir, pour le dé-

placement de la pièce à travailler, au service d'un fort appareil de levage souvent très occupé. L'ouvrier conducteur de la machine, de cette manière, peut toujours effectuer les manutentions qu'il désire, sans perte de temps en attente, ni en durée de l'opération.

Le **palan différentiel** est un type de palan simple et peu coûteux qui permet de résoudre la plupart des problèmes de levage de charges ne dépassant pas 3.000 kilogrammes. Il convient dans tous les cas où la question d'un prix modique prévaut sur la considération des avantages caractéristiques de palans plus perfectionnés.

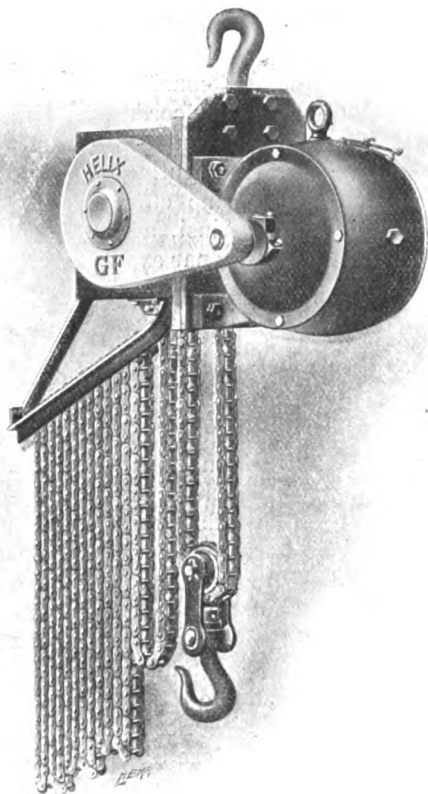


FIG. 14. — Palan Helix (Gustin fils aîné, constructeur.)

Considéré comme un appareil de levage simple supprimant les manœuvres difficiles ou qui exigent de nombreux bras, le palan différentiel est très apprécié. Il est très usité dans les établissements agricoles ou forestiers, car il y rend de grands services, en dépit du manque de soins fréquents auquel il est exposé; l'absence de mouvements strictement mécaniques fait qu'il n'est pas affecté sensiblement par la chaleur ou le froid.

On établit les palans à simples poulies ou à poulies avec volant à chaînes (forces 250 à 4.000 kilogrammes), ou à poulies avec volant à chaînes et pignons (forces 2.000 à 12.000 kilogrammes), ou enfin avec vis et avec frein à friction. Ils sont construits de façon que la charge reste immobile à la hauteur où on l'abandonne, mais le rendement est inférieur à 0,50. Le rapport des chemins parcourus par la puissance et la résistance est généralement de 1/30.

Les palans à vis réversibles sont munis d'un frein de blocage permettant de retenir la charge à la descente et à l'arrêt et se dégageant à la montée. Avec l'emploi de butées à billes, on arrive à un rendement de 0,60 à 0,65.

Les palans avec noix et multiplication de force par vis tangente ont reçu de nombreuses dispositions; on les fait pour des forces allant jusqu'à 20.000 kilogrammes.

Pour rendre plus important le pouvoir multiplicateur d'un palan différentiel, on le munit de deux noix, pignon-Galle ou tambour, montés sur des axes parallèles tournant dans le même sens, au moyen de roues dentées différentielles, commandées par un pignon commun; la suspension est à deux brins.

Enfin, par l'emploi de trains épicycloïdaux et de leurs dérivés, on réalise des mouvements très ralentis sur une noix ou deux poulies à empreintes et on obtient de cette façon, sans grande multiplication d'engrenages, des palans de très grande force.

Les **palans à engrenages droits** de construction moderne atteignent un rendement de 0,70 à 0,75.

Les derniers perfectionnements apportés dans la construction des palans ont consisté dans l'adoption d'un triple rapport d'engrenages équivalent à la multiplication de trois axes, reliés par des engrenages avec lequel il est possible d'utiliser, presque 0,80 de l'effort exercé par l'opérateur, ce qui est obtenu en séparant le mécanisme de retenue du mécanisme de levage.

Les palans doivent être essayés à une charge supérieure d'au moins 50 0/0 à sa puissance indiquée et être prolongée pendant plusieurs heures.

Cette épreuve est de la plus haute importance. Il suffit, en effet, d'un léger balancement de la charge soulevée, ou de la simple secousse produite par le serrage d'un nœud d'attache, ou la déformation d'une élingue pour que la traction exercée sur la chaîne dépasse notablement le poids soulevé.

Les types de palans les plus connus sont les palans Eade, Moore, Pickering, Paris, Lavery, Mork, Schuchart et Schutte, Velox, Gustin, G. Beccat, Yale et Towne, Rousset, etc.

Le palan Lavery est basé sur l'emploi de doubles pignons différentiels; les palans Schuchart et Schutte, Eade, Moore, Pickering, Paris, Nork, Beccat sont du type à vis sans fin et à engrenages ou à engrenages seuls et les palans Yale et Towne sont du type triplex.

Le **palan Velox** est à engrenages droits et à enrayage automatique, ce dernier étant indépendant du mécanisme de levage. Ces palans sont d'un encombrement très réduit, ce qui permet de les utiliser dans les endroits de hauteur restreinte, où l'on ne pourrait employer des palans ordinaires.

Les organes, soumis à de grands efforts, sont en fer au paquet ou en acier coulé et les tourillons tournent dans des paliers en bronze.

Dans les nouveaux palans Velox (fig. 15 à 17), la force

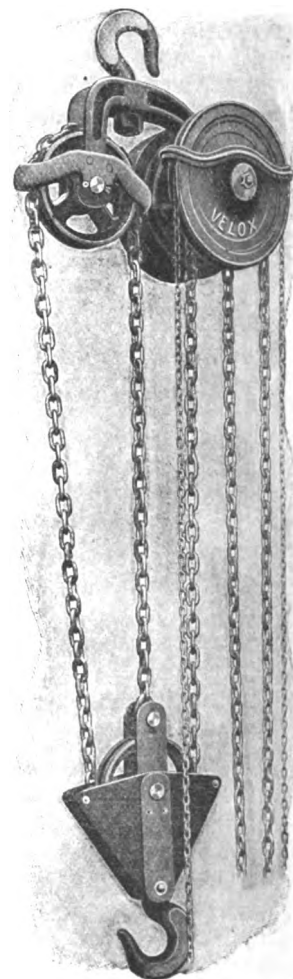


FIG. 15. — Nouveau palan Velox, type de 5.000 kilogrammes. (Construction A.-H. Schutte.)

exercée par la traction sur la chaîne à main est transmise à la noix sur laquelle roule la chaîne portant la charge, par un pignon calé sur l'axe de la roue à chaîne et un train de roues planétaires. Ces dernières sont montées dans un cadre mobile, rigidement relié à la noix. La grande démultiplication qu'on obtient ne réduit pas la vitesse de levée et par suite garantit le maximum d'effet utile.

Les engrenages sont enfermés dans un carter.

L'embrayage automatique comprend une roue à rochet avec cliquet et une friction. La roue qui porte la chaîne à main est montée sur le moyeu, prolongé et fileté à un pas très rapide, d'un disque calé sur l'arbre de commande. Entre ces deux organes se trouvent placés la roue à rochet et le disque à friction.

Sous l'effort de la traction, la roue à chaîne, la roue à rochet et le disque se trouvent bloqués ensemble par l'effet de la vis à pas rapide, et ne forment plus

qu'une seule pièce. La force est donc transmise directement aux engrenages satellites et à la noix. Le poids de la charge maintient continuellement la roue à rochet (dont le retour est empêché par un cliquet muni d'un ressort à boudin) rigidement bloquée entre la friction. La charge est donc maintenue automatiquement à n'importe quel point, en toute sécurité.

En tirant légèrement sur la chaîne à main en sens inverse, sa roue se trouve repoussée en arrière par l'effet de la vis à pas rapide, débloquent ainsi la roue à rochet, dont le cliquet reste engagé, et vient buter contre le cran d'arrêt de la rondelle calée en bout de l'arbre de commande, entraînant celui-ci. Dès que l'on cesse la traction, la roue à chaîne se trouve rappelée en avant par la vis à pas rapide et vient de nouveau se bloquer avec la roue à rochet, dont le mouvement en arrière est empêché par le cliquet, de sorte que la charge se trouve retenue automatiquement en toute sécurité. La descente se fait doucement et sans à-coups.

Le palan Beccat (fig. 18 et 19) est du type à engrenages où la démultiplication est obtenue uniquement au moyen d'engrenages droits à profils exacts donnant lieu au maximum de rendement. Pour chaque puissance, les rapports d'engrenages sont calculés pour obtenir le maximum de vitesse d'ascension avec un effort de traction aussi réduit que possible. L'embrayage est automatique et instantané et la charge est immobilisée dès que la traction cesse sur la chaîne de manœuvre. Une très faible action en sens inverse pro-

voque la descente sans secousse, à la vitesse que l'on veut.

Tous les engrenages sont enfermés dans un carter en tôle emboutie, pour les protéger contre les intempéries et les poussières.

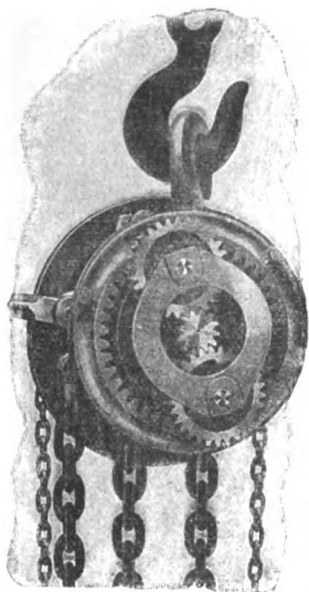


FIG. 16.
Nouveau palan Velox.

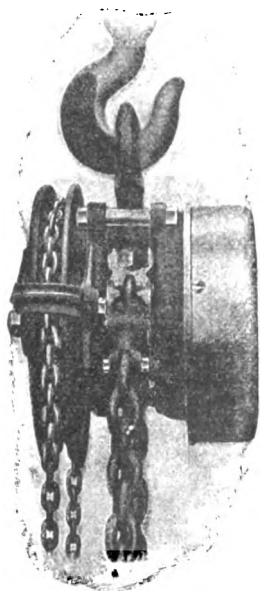


FIG. 17.
Nouveau palan Velox.

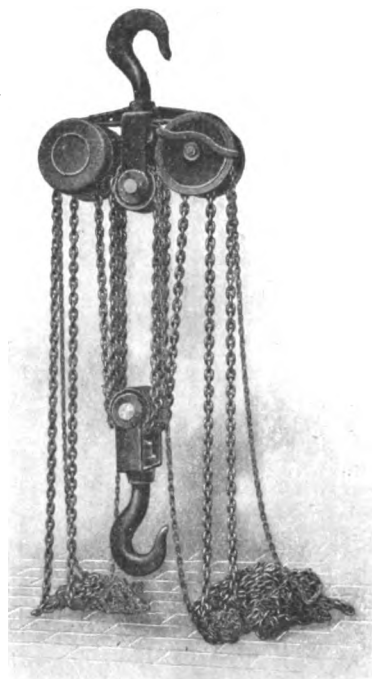


FIG. 18. — Palan Beccat de 16 tonnes.

Au point de vue de leur construction, il y a lieu de mentionner que toutes les pièces de fonte sont moulées mécaniquement, que les engrenages et les axes sont en acier doux, que les dentures sont entièrement taillées dans la masse par machine automatique, que les crochets et les tourillons sont en acier estampé ou en acier forgé, enfin que les ponts de suspension, pour les puissances de 2.000 kilogrammes, sont en acier coulé ou en aciéro-fer.

Le fonctionnement de l'appareil a lieu comme suit (fig. 20 et 21). Le volant de manœuvre tournant dans le sens des aiguilles d'une montre pour un observateur qui le regarde, se visse sur la queue filetée du plateau à vis. La rondelle en zinc, le cliquet et la rondelle en cuir se trouvent fortement serrés entre le plateau et le volant et tous les organes deviennent solidaires et ne forment qu'un bloc par suite du frottement.

Le plateau à vis étant claveté sur l'arbre pignon, celui-ci est donc entraîné et ce pignon tourne dans le sens des aiguilles d'une montre. Les doubles pignons engrènent par leur denture de plus grand diamètre avec l'arbre-pignon; ils tournent donc dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, et comme ils engrènent par leur denture de plus petit diamètre avec l'engrenage à denture intérieure, ils font tourner dans le sens des aiguilles d'une montre la boîte des pignons qui les porte. Mais celle-ci étant clavetée sur la noix de chaîne, cette dernière tourne dans le sens des aiguilles d'une montre et fait monter la charge.



FIG. 19. — Palan Beccat de 2.000 kilogrammes.

Soient :

a , le nombre de dents de l'arbre pignon ;
 P , le nombre de dents de la grande denture du double pignon ;
 p , — — — petite — — —
 e , — — — l'engrenage à denture intérieure ;
 D , le diamètre théorique du volant de manœuvre ;
 d , — — — de la noix de chaîne ;
 F , la charge maximum du palan ;
 f , l'effort à exercer sur la chaîne de manœuvre pour lever F de 1 mètre ;
 L , la longueur de la chaîne à main à manœuvrer pour lever 1 mètre.

On a :

Rapport des vitesses du volant et de la noix :

$$\frac{a \cdot p}{P \cdot e}$$

Valeur de L :

$$\frac{P \cdot e \cdot D}{a \cdot p \cdot d}$$

et théoriquement :

Valeur de f :

$$\frac{F}{L} \quad \text{ou} \quad \frac{F \cdot a \cdot p \cdot d}{P \cdot e \cdot D}$$

Pratiquement la valeur de f est supérieure à cette quantité. Mais comme les frottements sont réduits au minimum et que le pas des engrenages est judicieusement choisi, le rapport entre la valeur théorique de f et sa valeur réelle, c'est-à-dire le rendement, est d'environ 0,8 pour les palans non mouflés.

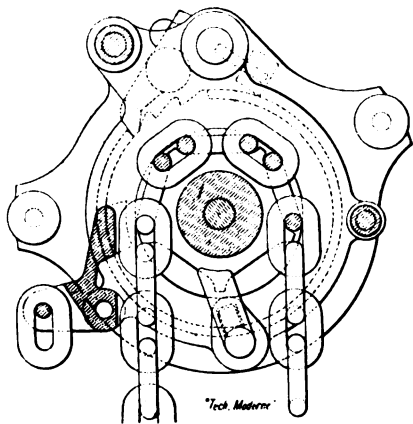


FIG. 20.

Si la charge étant montée doit être immobilisée aussitôt que l'on cesse d'agir sur la chaîne de manœuvre, et doit pouvoir être descendue à la vitesse que l'on veut. C'est ce que l'on obtient d'une façon parfaite avec le système de frein employé.

Si l'on suppose l'appareil en charge, abandonné à lui-même, la charge tend à faire tourner la noix dans le sens inverse des

aiguilles d'une montre, et aussi, par suite des liaisons, le plateau à vis. Celui-ci se visse dans le volant de manœuvre ; par suite de l'inertie de ce dernier d'abord, de son arrêt par le cliquet ensuite, les rondelles sont serrées sur le rochet, et celui-ci étant arrêté par le cliquet, tout le système est immobilisé. Plus la charge est lourde, plus le serrage est énergique.

Pour descendre la charge, il suffit d'agir sur le volant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Il vient heurter le talon de la rondelle à talon solidaire de l'arbre-pignon, qui tourne alors dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et provoque la descente de la charge par le mécanisme inverse de la montée. En même temps, le volant s'est dévissé d'une petite quantité et a diminué le serrage des rondelles. Mais le rochet étant toujours arrêté par le cliquet, le système continue à fonctionner comme frein et la vitesse de descente

est la même que celle de la montée pour une même vitesse du volant.

Le point délicat du montage est le réglage des positions relatives du volant, du plateau à vis et de la rondelle à talon. Mais ces positions sont fixées une fois pour toutes par le constructeur et il n'y a pas à s'en préoccuper dans les montages et démontages ultérieurs. C'est par ce réglage que l'on est arrivé à supprimer complètement la secousse qui se produit dans les palans « Triplex » américains au moment où commence la descente. C'est à la

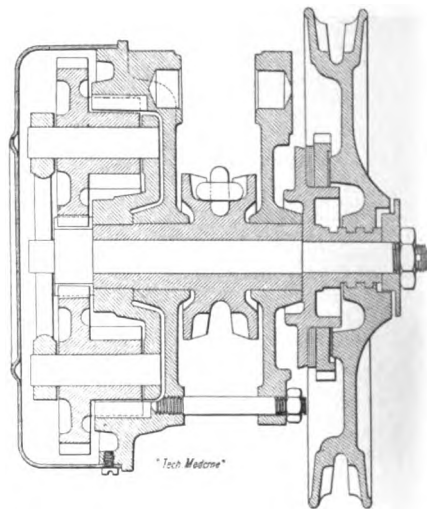


FIG. 21.

suite d'études et d'expériences longues et minutieuses qu'on a déterminé les conditions exactes, et qu'on a obtenu une douceur et une sécurité de fonctionnement parfaites.

Les renseignements ci-dessus ont trait à un palan de 1.000 kilogrammes. Les palans de 1.500 kilogrammes et de 2.000 kilogrammes comprennent, aux dimensions près, les mêmes organes que le palan de 1.000 kilogrammes.

Le palan de 500 kilogrammes ne diffère du palan de 1.000 kilogrammes que par le point suivant : les doubles pignons sont remplacés par des engrenages simples qui engrènent directement, d'une part, avec l'arbre-pignon, d'autre part, avec l'engrenage à denture intérieure.

Dans les formules, p est égal à P .

Enfin le palan de 250 kilogrammes est un palan constitué comme celui de 500 kilogrammes et où seuls les pignons et l'arbre-pignon sont modifiés.

Des doubles pignons engrènent par leur denture de petit diamètre avec l'arbre-pignon et

par leur denture de grand diamètre avec l'engrenage à denture intérieure. Dans les formules, p est supérieur à P et par suite L a une valeur plus petite que dans le cas précédent (environ la moitié). Le palan de 250 kilogrammes est en somme du même type que le palan de 500 kilogrammes à levée rapide.



FIG. 22. — Palan triplex « Yale et Towne ».

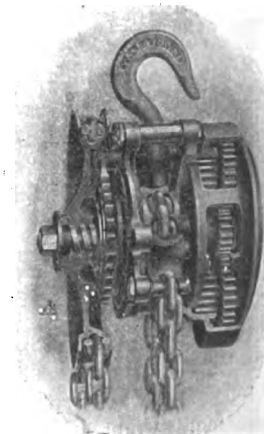


FIG. 23.

Le palan triplex Yale et Towne (fig. 22 à 25) consiste en un petit pignon calé sur l'axe de la roue de la chaîne à main

en un double jeu de deux engrenages intermédiaires, et en satellites réunissant le pignon à une roue fixe dentée intérieurement, le tout à denture droite.

Le bâti portant les engrenages satellites est calé sur le moyeu de la roue à noix sur laquelle roule la chaîne qui porte la charge; une grande démultiplication et un équilibre complet dans les pressions sont ainsi obtenus et on arrive à un haut rendement en réduisant l'usure à son minimum. Les engrenages se trouvent enfermés dans un carter qui évite l'entrée des poussières et autres corps étrangers.



FIG. 24.

Le mécanisme de retenue comprend un disque à rochet dans la denture duquel s'engage un cliquet fixe en acier forgé. La roue qui porte la chaîne à main est filetée dans son moyeu d'un pas rapide à droite, s'ajustant sur la partie taillée en vis que présente le moyeu d'un plateau calé sur l'arbre du pignon du mécanisme de levage.

Lorsque l'on tire sur les chaînes à main pour la levée, et que, par suite, l'on fait tourner sa roue dans le sens des aiguilles d'une montre, la roue à chaîne, le disque à rochet et le plateau se trouvent d'abord bloqués ensemble par le jeu de la vis rapide, de sorte que l'instant suivant, tout se passe comme si l'on agissait directement sur le pignon du mécanisme de levage (absolument comme si la roue de la chaîne à main était calée sur l'arbre de ce pignon).

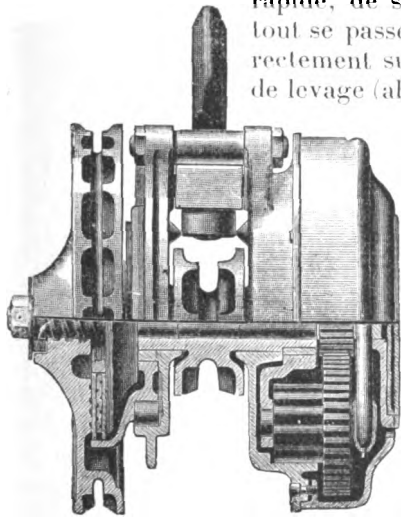


FIG. 25.

La levée a donc lieu à ce moment d'une façon directe, le cliquet n'offrant aucune résistance. Si l'on tire ensuite sur la chaîne à main, légèrement, en sens inverse, le cliquet arrête immédiatement la roue à rochet, et, par l'effet de la vis rapide, le plateau, le disque à rochet et la roue à chaîne se trouvent débloqués, et cette dernière,

après $2/3$ de révolution, repoussée en arrière par la vis, vient buter sur le cran d'une rondelle calée en bout de l'arbre du pignon de levage et entraîner ce dernier, provoquant ainsi la descente. Dès que l'on cesse de tirer sur la chaîne, sa roue est rappelée en avant par l'effet de la vis, se débloquent avec le disque à rochet (dont le cliquet empêche la rotation en arrière) et le plateau arrêtant instantanément la descente retient automatiquement la charge.

En conséquence, la traction sur la chaîne, dans un sens, produit la levée; le moindre tirage dans l'autre sens provoque la descente et dès que ni l'un ni l'autre n'est exercé, la charge s'arrête et reste suspendue avec toute sécurité.

Les plateaux de friction ne demandent jamais aucun réglage, quelle que soit l'usure qui se produise, et sont positifs dans leur action. Pour les débloquent, et faciliter le départ de la descente, il suffit de tirer un peu sur la chaîne à main dans le sens du levage, puis de changer rapidement de sens.

Les palans triplex se recommandent pour leur montage sur les ponts roulants et, en général, partout où il y a de fortes charges à soulever et où les manutentions doivent être effectuées rapidement et économiquement.

Pour les forces de 12.000 à 20.000 kilogrammes, les appareils sont pourvus de deux chaînes à main indépendantes, que l'on peut actionner ensemble ou séparément, et la charge maximum est levée soit par deux hommes tirant sur la même chaîne, soit à une vitesse double, par quatre hommes, à raison de deux par chaîne; de même, la descente peut s'effectuer par la manœuvre d'une ou de deux chaînes en même temps et, dans ce dernier cas, sa vitesse sera deux fois plus grande que dans le premier.

En dehors des types courants, les constructeurs des palans triplex fabriquent deux modèles spéciaux pour levées rapides et la manœuvre de petites charges; ces palans permettent la descente en pleine charge à la vitesse de 12^m, 200 environ à la minute et la levée à des vitesses variables suivant la charge, mais relativement très rapides.

Les palans duplex représentent un intermédiaire en rendement et en prix entre les palans triplex et différentiel. La puissance ou démultiplication est obtenue par le moyen d'une vis sans fin d'un modèle spécial et de sa roue dont les dimensions respectives sont celles donnant le rendement maximum.

La vis sans fin est placée entre les deux noix, sur lesquelles passe la chaîne double qui soutient la charge, et tous les organes y sont symétriquement placés. Le mécanisme de retenue se compose d'un tampon à friction vissé dans le carter et goupillé pour éviter son dévissage, qui reçoit l'effort longitudinal transmis à l'arbre de la vis sans fin, pendant la levée de la charge. Celle-ci ne peut descendre que lorsqu'on agit sur la chaîne à main.

Le palan triplex Glaenzer et Perreaud est une amélioration du palan Yane et Towne où les inventeurs ont voulu éviter l'emploi de la suspension supplémentaire en établissant le treuil de levage sur deux axes parallèles, quel que soit le nombre de couples des engrenages imposé par la multiplication de la puissance. L'un des axes, dans sa partie médiane, centre la noix; l'autre, fixe, sert également, dans sa partie centrale, à la suspension du brin fixe, quand le palan est employé à deux brins, ou à centrer la poulie de la moufle, si le palan est à trois ou quatre brins. Tout le mécanisme de levage est enfermé dans le corps du palan, sans en augmenter aucunement l'encombrement, si ce n'est par l'addition forcée pour les mouflages, de la poulie au crochet.

La réduction par engrenages, le frein complètement automatique et la poulie à chaîne pendante sont renfermés dans des coquilles latérales, venues de fonte avec une entretoise comportant l'attache du palan, laquelle est située au-dessus des axes de la noix et du second arbre du treuil.

Les inventeurs n'ont pas eu besoin de recourir à l'emploi des satellites et ils prévoient que le nombre de couples d'engrenages employé ne sera jamais supérieur à deux, pour les palans à main tout au moins.

Ce nouveau palan triplex peut être construit pour être mû indifféremment à main ou par moteur électrique ou autre. Il peut être fabriqué pour chaîne ou pour câble.

Palans pneumatiques. — Ces appareils se construisent avec ou sans arrêt automatique de la levée; ce dernier cas offre l'avantage d'un coût un peu moindre. Ils sont généralement prévus pour être fixés à des ponts roulants, murs, charpentes, madriers, etc. Ils lèvent la charge soit par l'intermédiaire

d'un crochet fixé à la tige du piston, soit à l'aide d'une chaîne ou d'un câble, auquel cas l'extrémité de la tige de piston est pourvue d'une poulie au moyen de laquelle la levée peut être doublée par rapport à la course du piston.

On donne parfois aux palans la disposition télescopique, lorsque la levée à produire est grande et qu'il y a lieu, malgré cela, d'amener la charge à une distance très faible du plafond ou du point le plus haut que l'on puisse faire atteindre à la partie supérieure du palan.

Les palans à piston équilibré sont préférés chaque fois que, par la nature des manutentions, la charge a besoin d'être maintenue à hauteur fixe et sans fluctuations, pendant un certain temps.

L'adjonction d'un trolley ou chariot permet aux palans d'osciller dans toutes les directions.

Quand le manque de place nécessite l'emploi d'un palan à cylindre horizontal, on peut monter ce dernier sur des trolleys se déplaçant le long d'une poutre en I, ou bien encore fixé à demeure à un plafond, à une charpente, à un mur. On se sert d'une chaîne ou d'un câble métallique suivant les cas.

Une application intéressante du palan pneumatique est sa transformation en monte-charge. On utilise dans ce cas un palan à longue course dont la tige de piston est fixée (levée directe) ou reliée à la partie supérieure de la cage (levée compound). La valve mue par des câbles à main est munie d'un dispositif de sûreté retenant la charge dans le cas d'une diminution de pression de l'air.

La pression de l'air est employée à effectuer la levée dans les élévateurs à action directe et elle est également utilisée à commander la descente dans les élévateurs à levée compound. On peut ainsi franchir jusqu'à des hauteurs de 6 mètres avec des puissances de 6 tonnes, en employant de l'air à 7 kilogrammes par centimètre carré.

Le **palan à air comprimé système Halsey** permet d'opérer le levage des fardeaux en toute sécurité et avec un réglage aussi facile qu'avec un train d'engrenages.

Pour soulever la charge, il suffit d'actionner le levier *a* (fig. 26) qui commande une soupape *s*, au moyen de laquelle le fluide est admis sous le piston *b*. La montée de ce piston est réglée par un écrou en prise avec la vis *c*, laquelle est à pas neutre et est actionnée à l'aide de la roue à empreintes *d*. Une tige *g* empêche le piston de tourner sous la réaction.

La descente s'opère aussi par cette même roue, après avoir ouvert par un

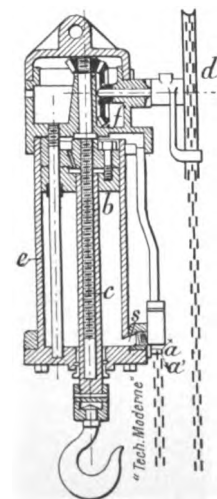


FIG. 26.

levier *a'*, adapté près de *a*, la soupape *s* qui fait communiquer le bas du cylindre *e* avec l'échappement *f*. Ainsi qu'on le voit, l'appareil est très rustique et très simple.

Dans le type de **palan à moteur rotatif** (fig. 27), à câble ou à chaîne, le moteur rotatif à air comprimé actionne, par l'intermédiaire d'un harnais d'engrenages, le tambour ou la noix du palan. La hauteur de levée ne dépend que de la longueur du câble ou de la chaîne; la levée se fait sans à-coup et sa vitesse peut être réglée à l'allure désirée. Comme dans les palans ordinaires, la charge ne peut pas descendre et peut être maintenue pendant n'importe quelle durée à la même hauteur.

L'emploi de ces palans est particulièrement recommandable

dans les fonderies ainsi que dans les forges pour la manutention des grosses pièces pendant leur travail au pilon.

Ils se construisent pour des forces de 1.000 à 5.000 kilogrammes et des levées normales de 3 mètres.

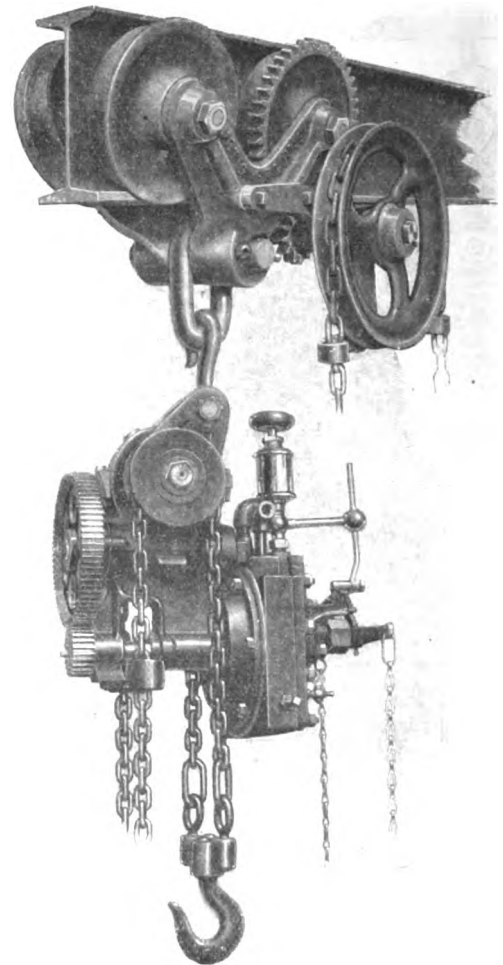


FIG. 27. — Palan pneumatique à moteur rotatif, à chaîne.
(Système Glaenger et Perreaud.)

Le **palan à action directe Northern** (fig. 28 et 29) présente les particularités suivantes : la boîte de distribution de l'air comprimé remplit les fonctions multiples d'admission et d'échappement, de régularisation de la vitesse de levée, d'arrêt de la levée et de retenue de la charge; elle est démontable sans qu'il soit nécessaire de toucher aux raccords des tuyauteries.

Le dispositif de réglage de la vitesse opère depuis une levée très lente jusqu'à une levée très rapide, et cela indépendamment du levier de manœuvre. Le dispositif de fermeture automatique de la valve est réglable à une hauteur quelconque de levée, au moyen d'un collier mobile sur la tige de piston; par son emploi, l'opérateur peut disposer de ses deux mains pendant la levée de la charge, ce qui est très important dans certaines applications, comme par exemple le soulèvement des châssis de fonderie. La valve de sûreté empêche que la charge ne descende, notamment dans le cas d'accident à la tuyauterie d'admission; elle consiste en une bille disposée dans la boîte de distribution et qui vient interrompre ou ralentir la sortie de l'air contenu dans le palan.

Ces palans se construisent pour des forces de 175 à 11.000 kilogrammes sous des pressions d'air comprimé de 4^{kg}.5, 5^{kg}.7 et 7 kilogrammes par centimètre carré. La consumma-

tion d'air libre par 305 millimètres de levée, quand la pression est de 4^{kg},5, varie de 8^{dm}3,5 pour la puissance de 175 kilo-

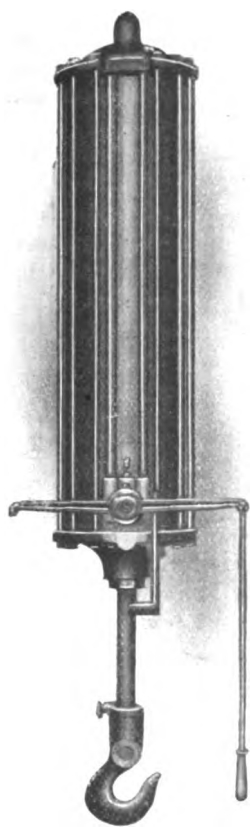


FIG. 28.

Palan pneumatique à action directe Northern.



FIG. 29.

grammes, à 447 décimètres cubes pour la puissance de 11.000 kilogrammes.

Ces appareils se font aussi avec cylindres disposés horizontalement (fig. 30) et alors ils peuvent être fixés à des ponts roulants, murs, charpentes, madriers, etc.; ils lèvent la charge par l'intermédiaire d'une chaîne ou câble, l'extrémité de la tige de piston étant pourvue d'une poulie, à l'aide de laquelle la levée peut être doublée par rapport à la course.

Lorsque la levée à produire est grande et qu'il faut, malgré cela, amener la charge à une distance très faible du plafond ou du point le plus haut que l'on puisse faire atteindre à la partie supérieure du palan, on donne à ce dernier la forme télescopique.

Les palans à piston équilibré sont établis de façon à recevoir l'air sur chacune des faces du piston.

Palans électriques. — Appliquée aux palans, l'électricité permet de résoudre économiquement de nombreux problèmes

de levage dans tous les chantiers où il existe une distribution d'énergie et cela par suite du coût relativement restreint de l'appareil, eu égard aux services qu'il rend, en raison du haut rendement de son moteur électrique, de l'extrême facilité des manœuvres, des faibles dépenses d'entretien qu'il occasionne et de la rapidité de manutention qu'il permet d'effectuer. L'appareil peut être pendu partout où on le désire et sans aucun autre travail que l'établissement de connexions électriques.

Les commandes des fonctions de levage, d'arrêt et de descente sont effectuées du sol au moyen de deux cordes pendantes par lesquelles l'opérateur agit sur le contrôleur du moteur. Aucune fausse manœuvre ou accident ne peut se produire, quoi qu'il arrive : si l'ouvrier oublie de dégager le contrôleur, la charge s'arrête au moment où elle atteint le point haut ou bas correspondant à la hauteur de levée pour laquelle le palan a été réglé; si le courant vient à manquer momentanément, ou qu'un plomb fusible saute par suite d'une surcharge, la charge reste suspendue et demeure fermement maintenue au point où elle se trouve.

Les principales applications du palan électrique sont les suivantes : translation des wagonnets sur rails, manœuvres des rideaux de théâtre, bardage des blocs de pierre en carrière et sur les édifices en construction, empilement des sacs dans les docks, ascension des pianos aux étages par les jours d'escaliers, montage des charpentes métalliques, déchargement des combustibles, transformation de grues à bras en grues électriques, service des cuves de teinture, extraction des puits, service des machines-outils dans les ateliers de construction, chargement des wagons dans les gares, etc. On peut obtenir des vitesses de 14 à 40 mètres avec des palans de 250 kilogrammes, de 5 à 17 mètres avec des palans de 500 kilogrammes, de 4 à 11 mètres pour des palans de 2.000 kilogrammes, de 3 à 5 mètres pour des palans de 4.000 à 5.000 kilogrammes et de 2 à 3 mètres pour des palans de 6.000 à 8.000 kilogrammes.

Les palans électriques s'établissent le plus souvent avec vis sans fin ou train d'engrenages cylindriques à denture taillée commandant une noix qui engrène avec la chaîne de levage. Ils sont munis d'un frein jouant le même rôle que dans les

palans ordinaires. Certains types américains sont à tambour avec engrenages coniques et vis sans fin pour empêcher le dévirement du câble et de la charge. Mais cette disposition semble plutôt une complication pour un appareil qui doit être avant tout simple et robuste. La descente se fait soit en desserrant le frein, ce qui permet à la charge de s'abaisser par son propre poids, soit à l'aide du frein conjointement avec le moteur, soit enfin par le moteur seul.

Le courant est amené par des conducteurs volants raccordés à des prises de courant placées sur l'appareil, ou si le palan est muni de frotteurs, par un fil de trolley.

Selon les forces demandées, les palans sont à un ou deux brins pour le soulèvement des charges.

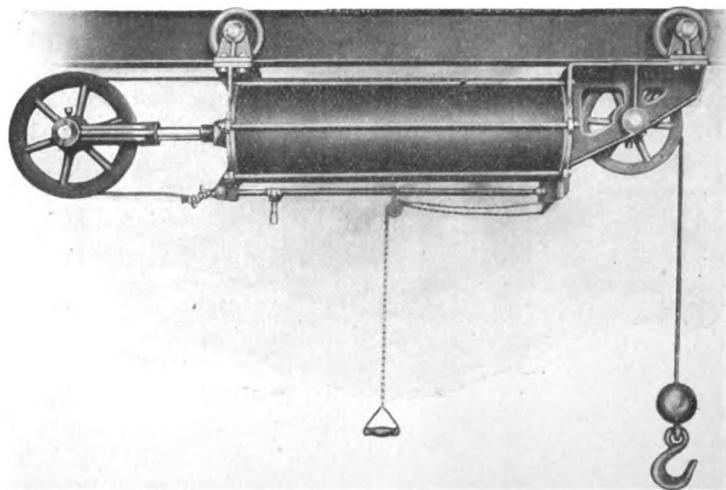


FIG. 30. — Palan pneumatique horizontal à action directe. (Type Northern.)

Dans les opérations de forgeage, il est nécessaire que la pièce d'acier soit fréquemment tournée sous le marteau. Différents dispositifs ont été proposés, ainsi que nous le verrons en traitant des grues et des ponts roulants, spéciaux employés dans les ateliers de forges pour produire cette rotation.

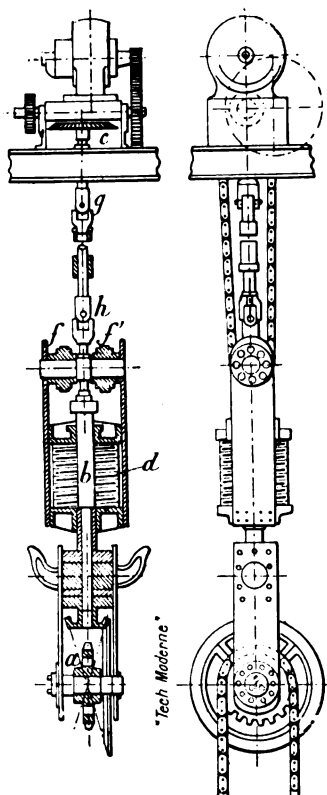


FIG. 31.

Le palan que représente la figure 31, combiné par la Société internationale d'électricité, se prête très bien à l'exécution mécanique de ce travail. La rotation de la pièce ouvrée est obtenue par un mécanisme qui agit directement sur une chaîne sans fin.

La roue dentée reçoit la chaîne sans fin qui porte la pièce à forger. Sur son axe est claveté un engrenage conique dont le pignon est fixé à l'extrémité inférieure d'un arbre *b*, lequel est actionné, à sa partie supérieure, au moyen d'une roue conique *c* commandée par un moteur électrique de 6 HP par l'intermédiaire d'un engrenage droit.

Un appareil élastique *d* comporte des ressorts, lesquels ont pour objet de transmettre la charge aux roues dentées *f* et *f'* qui reçoivent les chaînes

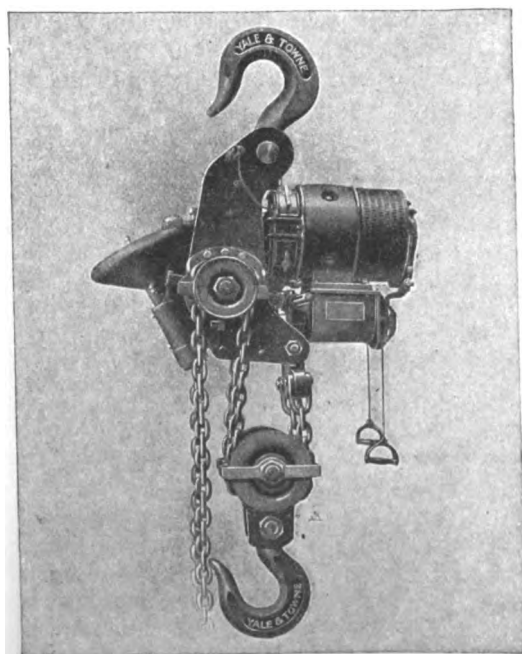


FIG. 32. — Palan électrique à vis Yale et Towne. (Levage par chaîne.)

porteuses. Enfin l'arbre vertical *b* est, d'autre part, interrompu par deux joints universels *g* et *h*, et, entre ces derniers, par un manchon d'accouplement qui lui permet des mouvements télescopiques.

Dans le palan électrique Gustin, l'électromoteur entraîne l'arbre de l'appareil au moyen d'un train d'engrenages à friction, dans un sens ou dans l'autre, suivant la position de son levier de commande. Cet arbre mène une noix par un écrou sur la vis centrale. De chaque côté de la noix se trouve, fou sur l'arbre de la vis, un plateau avec crochets et cames et aussi deux autres plateaux fous, sur lesquels sont articulés deux sabots de freins centrifuges.

Le palan Yale et Towne (fig. 32 et 33) a son treuil de levée qui consiste en deux tambours cannelés identiques placés symétriquement par rapport à l'axe du palan; ils sont calés sur un arbre actionné par le moteur au moyen d'un train d'engrenages coniques et d'un mécanisme à vis baignant dans l'huile. La poussée sur la vis est reportée sur deux larges collets en acier de son arbre. Les arbres sont pourvus de boîtes à graisse à compression.

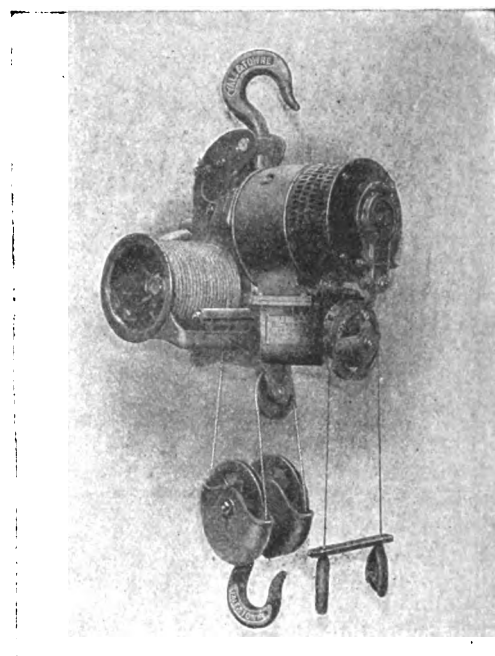


FIG. 33. — Palan électrique à vis Yale et Towne. (Levage par câble.)

Le crochet supérieur est monté à pivot à billes sur le bâti formé par deux flasques parallèles en tôle d'acier; ce bâti convenablement entretoisé supporte tous les efforts de traction.

Le moteur électrique est enroulé en série (courant continu) et sa vitesse varie en raison inverse de la charge à soulever; il est placé au-dessus du mécanisme de levage, afin que son induit soit soustrait aux écoulements d'huile.

Le contrôleur a un grand nombre de plots pour la douceur des démarrages et des arrêts; lorsque la charge a atteint les points haut ou bas pour lesquels le palan est réglé, le contrôleur est ramené automatiquement à l'arrêt; un ventilateur solidaire de l'armature opère le rafraîchissement du contrôleur. Un frein à collier de friction, commandé à la fois par les cordes pendantes du contrôleur et par le mécanisme du raménagement à l'arrêt, bloque l'arbre du moteur pour maintenir la charge en tout point désiré.

Le palan américain Pilling présente quelques dispositifs particulièrement intéressants. Le bâti de l'appareil (fig. 34 et 35) en forme d'étrier ou d'U renversé 3 est fixé à l'enveloppe inférieure en cloche 2 qui renferme le moteur et les engrenages; cette enveloppe est divisée en deux parties assemblées

par des collets 5, boulonnés ensemble, de telle sorte que l'on peut facilement inspecter le mécanisme. Le bâti 3 se termine à sa base par deux paliers 4 qui portent l'arbre du moteur 1.

elle est suspendue à un manchon 28 qui est toronné sur les collets d'assemblage 5; cette disposition donne un parfait équilibre à toutes les parties de l'appareil.

Nous avons dit que l'induit et l'armature du moteur sont reliés par un

train d'engrenages dans le but de retenir la charge et aussi afin d'utiliser la rotation rapide de l'axe supportant l'induit. Cet engrenage est disposé de manière à permettre la rotation dans les deux sens, mais aussi à empêcher le déroulement du câble et de la charge lorsque le circuit est ouvert. Il se compose d'un pignon conique 17 claveté à l'extrémité de l'arbre 1 et engrenant avec une roue horizontale 18 qui est elle-même montée par un arbre vertical 20 sur une vis sans fin 19. Enfin une roue tangente 21 transmet

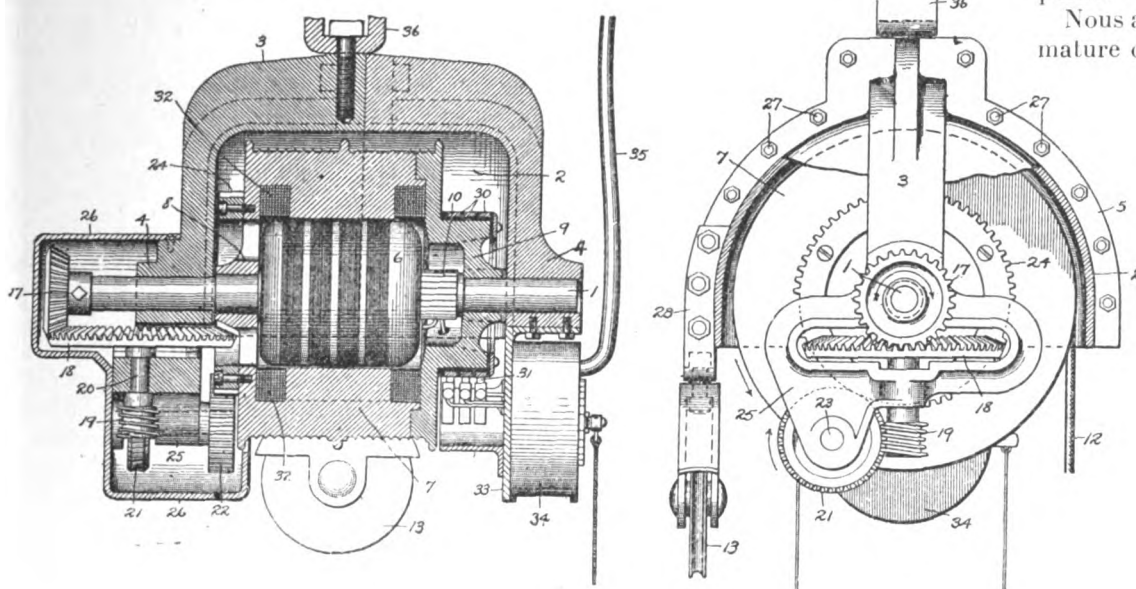


FIG. 34. — Palan américain Pilling.

L'induit 6 de ce moteur est claveté sur l'arbre 1 sur lequel est également monté l'inducteur 7, de manière que ce dernier puisse tourner autour, grâce aux moyeux de support 8 et 9, car l'induit et l'inducteur sont solidaires l'un de l'autre par l'intermédiaire d'un train d'engrenages et tournent tous les deux, mais en sens inverse.

La partie périphérique de l'inducteur 7 est cylindrique et forme le tambour sur lequel viennent s'enrouler les câbles de levage 12; c'est pourquoi la surface est cannelée en spirale, afin d'en faciliter l'enroulement régulier. Ces câbles, dont les deux bouts sont attachés aux extrémités extérieures du tambour, passent sur les moufles 15 et remontent en 12' sur la poulie 13 suspendue en dessous du châ-

le mouvement par un pignon 22, un arbre 23 et une grande roue dentée 24 à l'inducteur 7. Ces engrenages fonctionnent sans aucun bruit et constituent un ensemble d'embrayage parfait contre toute tendance d'un mouvement inverse de la charge dès que le moteur est arrêté; ils sont protégés par l'enveloppe 26 qui est disposée de manière à permettre un graissage facile et efficace.

L'inducteur tournant est muni de bagues collectrices 30 et de balais 31 par l'intermédiaire desquels arrive le courant aux enroulements 32. Ces balais sont montés sur une flasque 33 qui supporte également le coupleur 34; un câble conducteur 35 relie aux circuits d'alimentation le coupleur dont on actionne la manette au moyen de deux cordons de tirage qui pendent jusqu'au sol.

On emploie de plus en plus aujourd'hui les **palans transbordeurs** pour simplifier les manœuvres des pièces non susceptibles d'être transportées à la main, tout en n'étant pas assez lourdes pour nécessiter l'emploi de grands appareils de levage.

Avec eux, il n'est plus besoin de recourir à l'usage des chariots roulant sur le sol sur lesquels il faut nécessairement déposer d'abord la charge, puis après le transport, l'enlever au point d'arrivée, au moyen d'un appareil de levage. Au contraire, avec un palan suspendu à un chariot aérien, aussitôt la charge élevée à hauteur convenable, il n'y a qu'à la laisser suspendue et, si le chariot ne comporte pas de mécanisme de translation, à la pousser en entraînant le chariot jusqu'à l'arrivée au lieu de dépôt assigné.

Si la charge est assez forte pour rendre ce mode de translation peu pratique, on peut imprimer le mouvement au chariot aérien, soit par la traction manuelle sur chaîne pendante passant sur une poulie à empreintes, laquelle commande un treuil, soit par traction funiculaire, soit même par commande électrique.

La commande de translation funiculaires s'applique à presque toutes les inclinaisons qui peuvent être nécessaires dans la pratique. Un seul câble de traction et son mécanisme central peuvent translater simultanément un nombre quelconque de palans accrochés en différents points sur la longueur du câble tracteur.

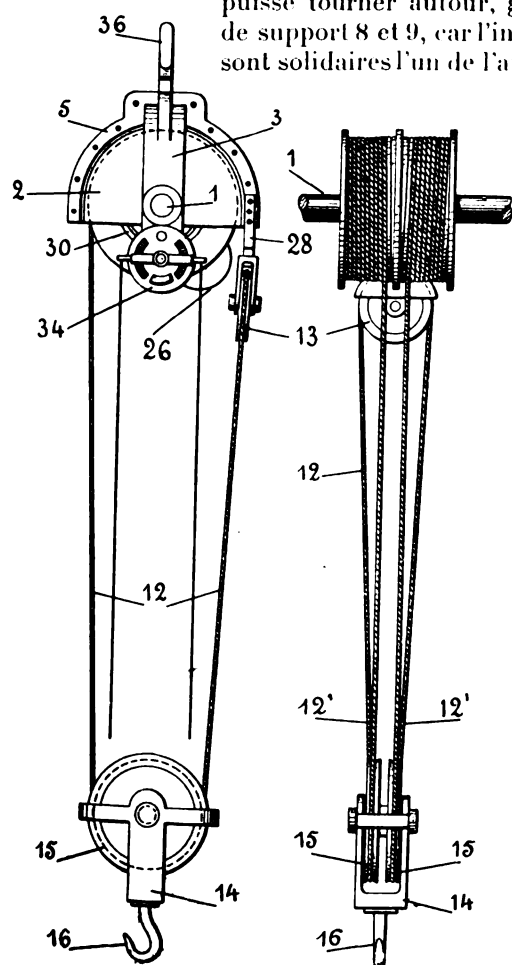


FIG. 35. — Palan américain Pilling.

sis 2. Les poulies mouflées 15 sont réunies par un étrier 14 qui soutient le crochet de charge 16. Quant à la poulie 13,

Les palans transbordeurs conviennent plus spécialement pour le transport des pièces de toutes sortes dans les ateliers de constructions mécaniques, les usines métallurgiques, les fonderies, les chantiers de dépôt, les entrepôts et les fabriques.

CABESTANS

Les cabestans sont utilisés dans les gares et les dépôts pour tirer les rames de wagons et actionner les plaques tournantes, sur les quais maritimes, aux écluses pour ouvrir et fermer les portes, sur les pontons, les plans inclinés, etc. En employant des poulies de renvoi qui permettent les manœuvres dans tous les sens et à de grandes distances, on peut desservir de grandes surfaces à l'aide de ces appareils.

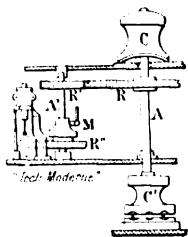


FIG. 36. — Schéma d'un cabestan à vapeur.

Cabestans à bras. — Cet appareil n'est en somme qu'un treuil dont l'axe est vertical et qui sert d'ordinaire à déplacer des charges dans le sens horizontal. Il consiste en une espèce de cloche verticale recevant le cordage et qui est surmontée d'un chapeau dans lequel on engage des barres manœuvrées à bras d'homme. Ces appareils se font aussi avec une couronne à empreintes sur laquelle on peut engager une chaîne. La propriété principale du cabestan est de permettre d'agir dans toutes les directions contenues dans un plan horizontal.

Cabestans à vapeur. — La figure 36 montre schématiquement la disposition d'un tel appareil. Les deux cloches C et C' sont montées sur un axe commun A, la cloche supérieure étant folle. La cloche inférieure porte un barbotin pour la manœuvre des chaînes et est calée sur l'arbre A. La roue R engrené avec la roue R' fixée sur un second arbre vertical A' reposant à sa partie inférieure sur une crapaudine. Cet arbre reçoit son mouvement de la roue R' actionnée par une vis sans fin horizontale montée sur l'arbre de la machine à vapeur verticale, type pilon; cette machine est à deux cylindres et peut fonctionner dans les deux sens. La roue R' est montée folle sur l'arbre A'; au moyen d'empreintes pratiquées sur sa partie supérieure, elle peut être enbrayée avec un manchon à mâchoire M, claveté sur l'arbre A'.

Cabestans électriques. — La commande électrique, en raison des avantages qu'elle offre, a supplanté dans beaucoup de cas la commande à vapeur.

La Société alsacienne de Constructions mécaniques a étudié une série d'appareils de ce genre, en vue de faciliter la ma-

nutention des wagons dans les gares de chemins de fer. Dans le type de modèle moyen, la commande est faite par un moteur électrique hermétique à deux pôles. La caisse de logement de l'appareil, parfaitement étanche, reçoit le support portant l'arbre principal muni de la poupée, d'un diamètre de 380 millimètres.

Le mécanisme proprement dit se compose du moteur, actionnant, par manchon d'accouplement élastique et vis sans fin en acier trempé à filet triple et butée à billes, une roue en bronze phosphoreux à axe vertical tournant dans une boîte étanche pleine d'huile.

Le coupleur de mise en route, à soufflage magnétique, est fixé au couvercle, et est manœuvré par une pédale; les câbles d'alimentation entrent dans la caisse au travers d'une boîte spéciale étanche et se rendent de là au coupleur. Le poids de l'appareil complet est de 1.200 à 1.400 kilogrammes. Les modèles sont établis pour donner des vitesses de câble variant de 0^m,300 à 1 mètre à la seconde avec des puissances de traction variant de 400 à 600 kilogrammes.

Les cabestans de grand modèle (fig. 39) sont construits sur les données suivantes :

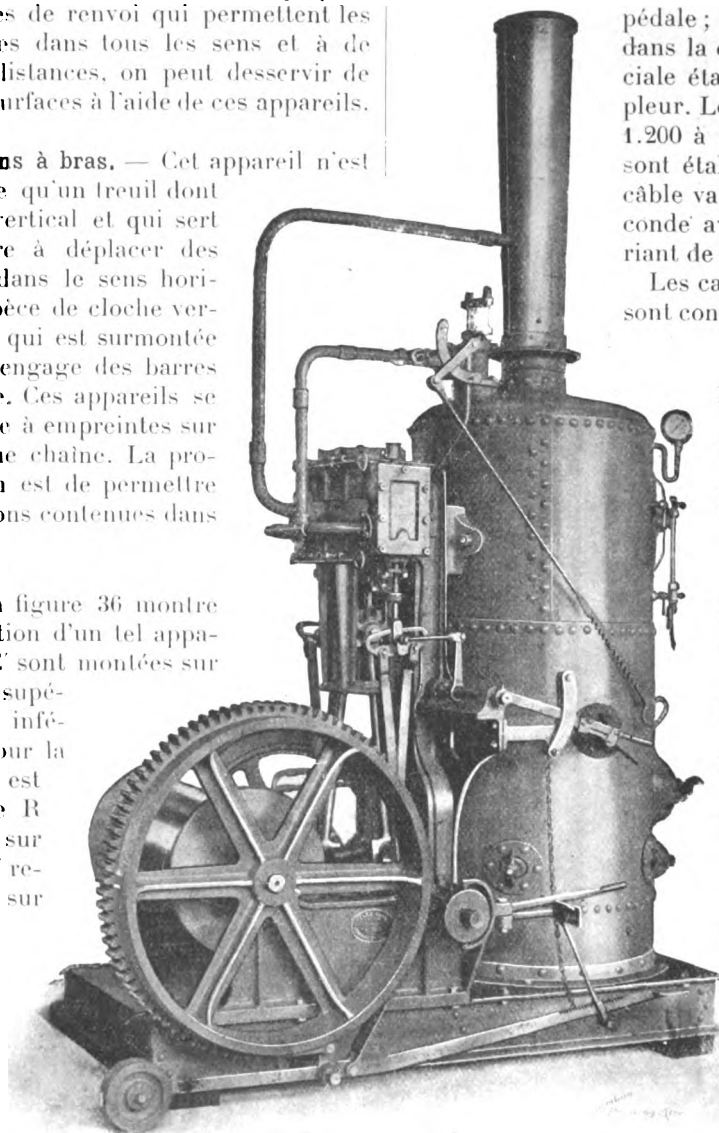


FIG. 37. — Cabestan à vapeur. (Système Glaenzer et Perreaud.)

Service de petite vitesse :			
Nombre de tours à la minute.....	29	14,5	
Vitesse du câble à la seconde.....	0,600	0,300	
Effort de traction normal.....			1.500 kg.

Service de grande vitesse :			
Nombre de tours à la minute.....	48	24	
Vitesse du câble à la seconde.....	1,500	0,500	
Effort de traction normal.....			1.000 kg.
Nombre de tours des moteurs.....	1.500	750	
Puissance des moteurs.....			10 HP.

La poupée a un diamètre minimum de 0^m,400 permettant l'enroulement d'un câble de 35 à 38 millimètres, correspondant à l'effort normal de 1.500 kilogrammes. Le couple au démarrage peut atteindre 1,5 du couple normal et un interrupteur automatique protège le moteur en cas de courant dépassant

deux fois le courant normal.

La commande mécanique est établie comme pour le modèle décrit ci-avant. Le moteur et le réducteur de vitesse sont fixés à une plaque coulissant sur glissières et qui peut, par rochet, être ramenée vers l'arrière et enlevée sans difficulté. Le poids de l'appareil complet est de 3.000 kilogrammes.

Le cabestan électrique Westinghouse (fig. 40), se compose d'une cuve en fonte, d'un plateau portant la poupée, l'arbre et

la roue d'engrenage, et muni d'une trappe de visite, d'un moteur électrique et d'un appareil de mise en marche. La cuve et le plateau porte-poupée et la poupée sont en fonte; l'arbre est en acier forgé et l'engrenage de commande en acier à denture droite, à emmanchement conique et écrou pour le démontage.

Quand l'appareil est monté avec un moteur à courant continu, il est à enroulement compo-
pound afin de permettre la marche à vide du cabestan à une vitesse modérée et un couple puissant au démarrage. Lorsque le moteur est à courant alternatif, il est du type à cage d'écureuil.

L'appareil de mise en marche se compose d'un interrupteur à rupture brusque commandé à distance par renvoi, au moyen d'une pédale placée sur la trappe de visite, et un levier de blocage empêche que cette pédale puisse être manœuvrée par des personnes étrangères au service. Cet interrupteur est monté avec bobines de soufflage pour courant continu; et avec celui-ci existe une résis-

tance fixe permettant de limiter le courant, et d'éviter la détérioration du moteur quand il est bloqué.

Le poids du cabestan complet est de 2.100 kilogrammes. Il est établi pour fournir un effort de démarrage normal de 1.000 kilogrammes, un effort de traction normal de 500 kilogrammes à la vitesse de 0^m,55 par seconde et un effort maximum momentané de 1.800 kilogrammes.

Ces efforts s'entendent au crochet de traction, avec un diamètre d'enroulement à la poupée de 300 millimètres. La vitesse à vide est de 1^m,35 par seconde.

Le type de cabestan à double vitesse représenté par la figure 41 est actionné par un moteur série à courant continu d'une puissance de 20 HP à la tension de 500-530 volts.

L'engin est monté sur une plaque tournante permettant de diriger le câble dans n'importe quelle direction. L'électromoteur transmet le mouvement des tambours par l'intermédiaire de réducteurs de vitesse à engrenages droits, le pignon calé directement sur l'arbre du moteur étant en cuir vert. Un embrayage placé sur l'arbre intermédiaire permet l'enroulement rapide ou lent du câble suivant l'effort nécessaire à la traction des charges. La longueur de câble à enrouler est de 200 mètres; les vitesses pour grandes et petites charges sont respectivement de 2^m,50 et 10 mètres par

minute. La manœuvre du gros câble du cabestan se fait par un petit treuil supplémentaire calé sur l'un des arbres intermédiaires, avec tambour de 600 millimètres de diamètre sur lequel s'enroule un câble très léger et facile à transporter.

Le mouvement de traction est muni de deux freins dont l'un est mécanique et l'autre électromagnétique. La rotation du cabestan se fait autour d'un seul pivot central; à cet effet, une roue à vis sans fin reçoit le mouvement par un train d'engrenages et le transmet à un pignon entraînant une grande couronne dentée venue de fonte avec la partie fixe de la plate-forme. Pour réduire l'effort mécanique nécessaire à la rotation de l'appareil, en abaissant les frottements au minimum, un dispositif mécanique par vis sans fin permet de relever le treuil de façon que la rotation s'effectue sur le pivot seul, les couronnes extérieures de la plate-forme se trouvant distantes de 1 millimètre

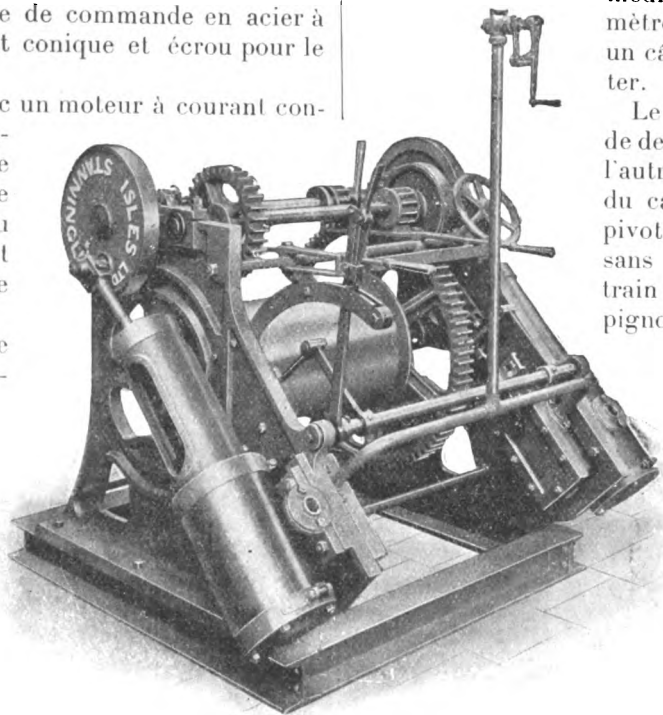


FIG. 38. — Cabestan à vapeur. (Système Glaenzer et Perreaud.)

environ.

Le controller, qui peut opérer la marche dans les deux sens, est placé, ainsi que les divers appareils de mesure et de contrôle, dans une cabine à proximité du cabestan. Un interrupteur à maxima coupe automatiquement le courant, évitant ainsi le bris des différents organes lorsqu'on veut faire développer au treuil un effort trop considérable. Sous un courant de 55 ampères, l'effort de traction dans le câble atteint 40 tonnes.

Le moteur électrique est du type genre tramways, à 4 pôles et tourne à 790 tours. Le rendement en charge normale est de 89 0/0.

Quand le moteur démarre, il intercale dans son circuit une série de résistances. Construites en fonte, ces résistances sont facilement brisées, étant soumises à de fréquents courts-circuits et aux vibrations causées par le mouvement du cabestan.

De plus ces résistances ayant une masse importante, leur résistance varie considéra-

blement avec la température à laquelle elles sont exposées. L'Electrician nous fait connaître la disposition prise par MM. Clarke et Chapmann pour éviter ces inconvénients. Ils emploient un alliage non corrosible et dont la résistance ne

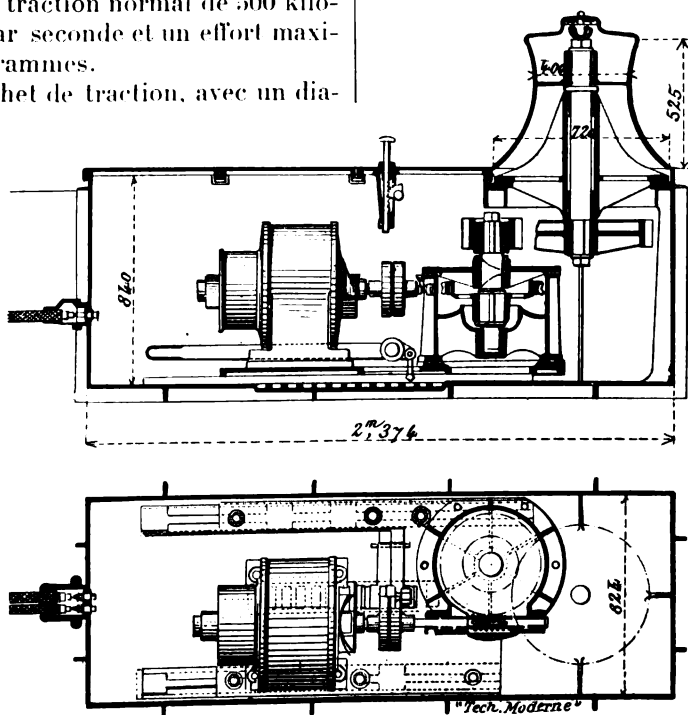


FIG. 39. — Schéma d'un cabestan électrique.

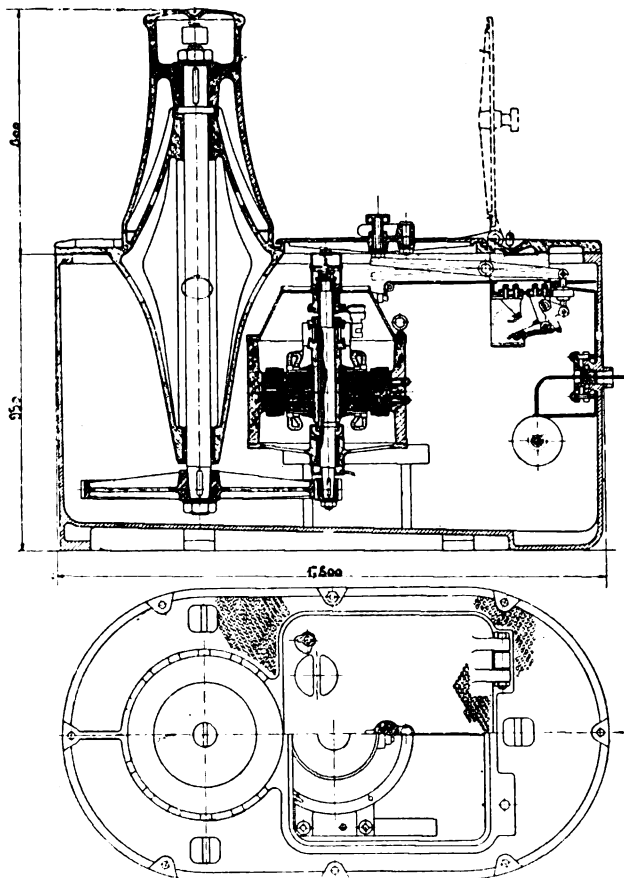


FIG. 40. — Cabestan électrique. (Système Westinghouse.)

peut varier avec les changements de température. Les bandes de cet alliage formant les résistances sont percées de trous à distances égales et ondulées dans le sens de la longueur, ce qui leur donne de la rigidité. Ces bandes étant repliées sur elles-mêmes, les différents éléments sont montés sur des tiges isolantes et séparés les uns des autres par des tubes de mica; les résistances unités sont montées sur des tiges isolées. Ces tiges étant placées au centre de chaque unité, chaque élément peut se contracter ou se dilater librement, et l'unité passer à la température du rouge, sans qu'il en résulte aucun inconvénient.

TREUILS

Le treuil est à lui seul une machine élévatrice, ou bien il constitue l'élément essentiel de tout appareil de levage proprement dit. Dans les deux acceptions, il peut être manœuvré à bras ou mécaniquement et, dans ce dernier cas, à l'aide de l'eau sous pression, de la vapeur, du pétrole, de l'air comprimé ou de l'électricité.

Treuil à bras. — Les treuils dits d'entrepreneurs ou à pattes et les treuils d'applique se font avec simple engrenage et tambour et à double engrenage à deux vitesses. Ils sont munis d'un frein à main ou d'un frein automatique. Dans ce dernier cas, la descente s'opère en détournant les manivelles sans toucher au cliquet et sans qu'il soit besoin de faire d'effort pour retenir la charge. A vide ou avec de petites charges on peut descendre plus ou moins vivement en appuyant simplement sur la manivelle en sens inverse.

Dans les appareils de levage de faible puissance, les treuils à simple engrenage se construisent habituellement pour des forces directes sur le tambour de 400 à 1.500 kilogrammes,

qui peuvent être respectivement portées à 1.500 et 8.000 kilogrammes avec moufle à trois poulies. Avec les treuils à double engrenage, on peut à peu près tripler ces forces dans les deux cas. Suivant les applications auxquelles ces appareils sont destinés, le mouvement de descente du fardeau peut

être obtenu de façons différentes : sans retour des manivelles, avec descente rapide et à vitesse constante commandée par un frein; par les manivelles, avec descente rapide et arrêt instantané au point déterminé; à volonté par les manivelles ou par un frein régulateur, soit en tournant les manivelles, soit en agissant sur le volant de desserrage du frein.

Ces treuils se font à noix (fig. 44) avec chaîne calibrée et à tambour pour corde, câble ou chaîne

(fig. 45); la commande a lieu par engrenages droits ou avec vis sans fin, ou avec combinaison de ces deux modes de transmission. Il sont munis, soit d'un cliquet à soulever et descente au frein à bande, soit d'un frein d'arrêt automatique avec cliquet dormant et régulateur. Les engins à noix ne se prêtent pas aux grandes vitesses, et pour une force importante il faut moufler à plusieurs brins, ce qui donne une grande vitesse au garant. De plus, il y a usure rapide de la chaîne. Les treuils à chaîne Galle se prêtent mieux aux

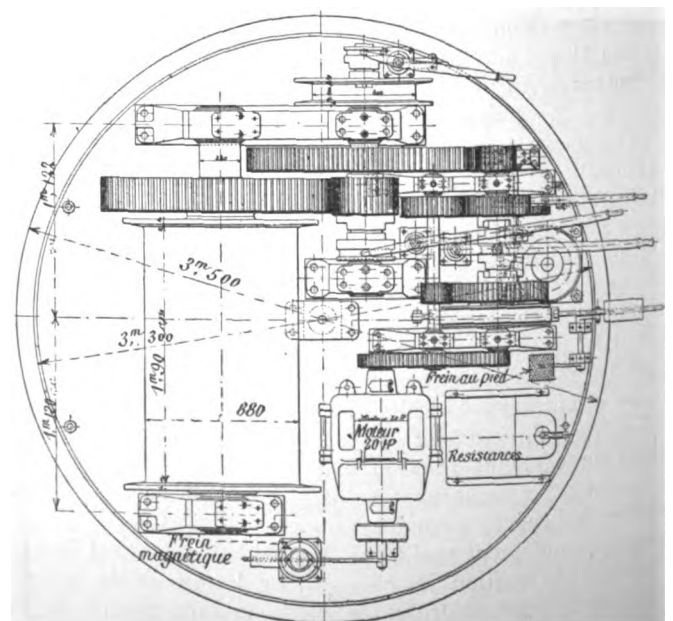
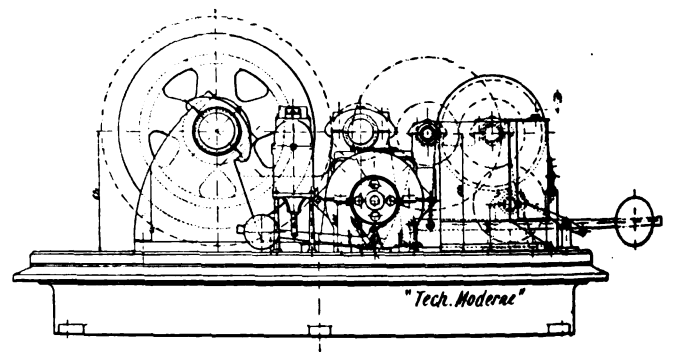
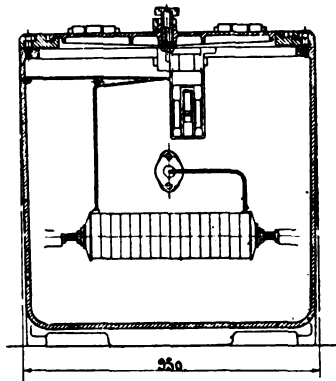


FIG. 41. — Cabestan à double vitesse.

grandes vitesses, mais pour éviter les devers de la chaîne | au mouvement normal. Ils sont agencés de telle sorte qu'ils ne

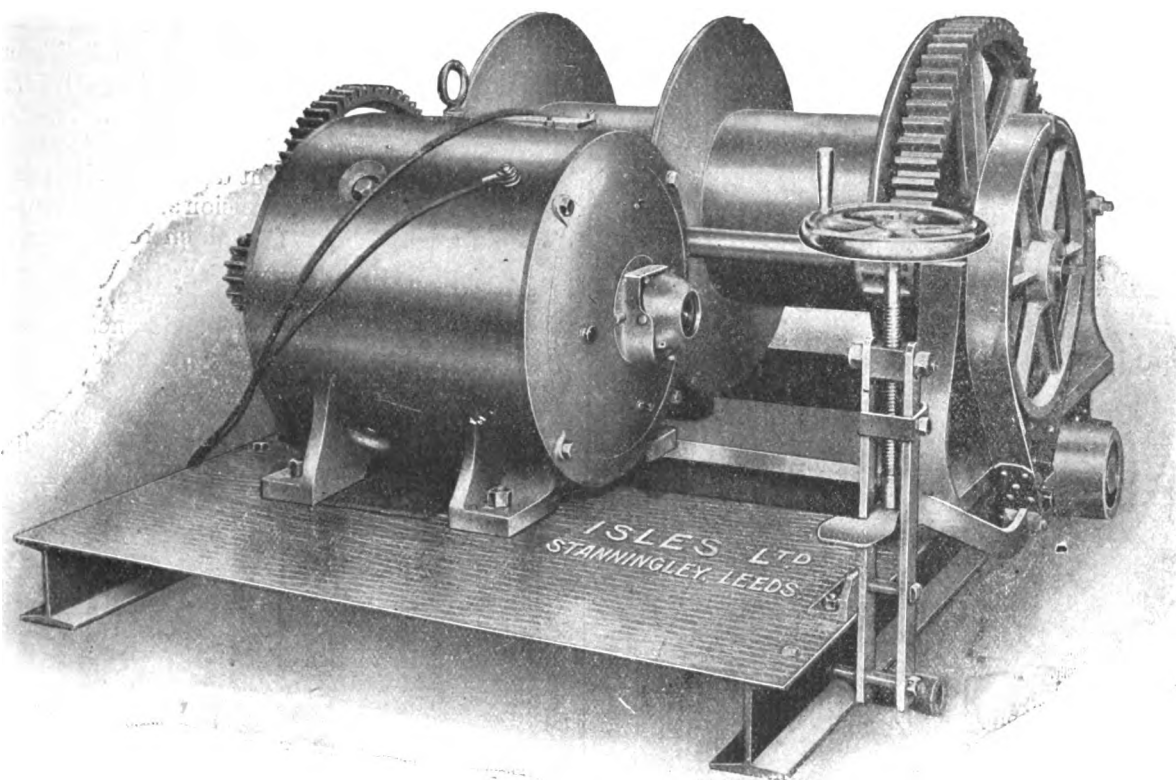


FIG. 42. — Cabestan électrique. (Construction Glaenger et Perreault.)

pendant la translation, il faut avoir soin de disposer les brins de suspension dans le sens du mouvement.

Le nombre de harnais est tout au plus de trois et le rapport de transmission entre deux trains ne dépasse pas généralement six. Les rapports décroissent de l'arbre moteur à l'arbre du tambour ou de la noix. Quand le treuil est composé de plusieurs harnais, on rend le premier ou celui intermédiaire, amovible, afin d'opérer

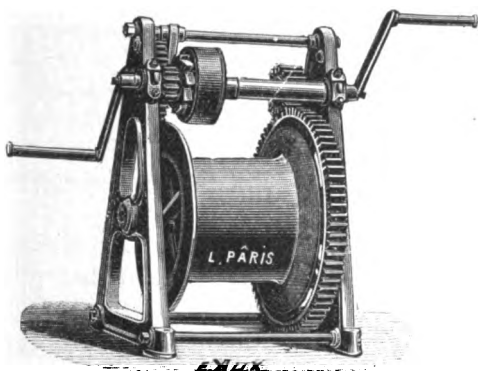


FIG. 43. — Treuil à pattes à simple engrenage.

le mouvement des charges plus petites avec une vitesse plus grande. Les noix sont généralement à quatre ou cinq pans, de façon à donner un travail plus régulier et sans secousse. La vitesse de la manivelle varie de 0^m,50 à 0^m,80 par seconde, ce qui donne un nombre de tours moyen de 30 à la minute. Quant à l'effort exercé par un homme, il est de 8 à 10 kilogrammes pour un travail continu; et pour un temps peu considérable, on peut aller à 20 et même 30 kilogrammes. Enfin dans les treuils, la question des frottements des engrenages et des arbres dans leurs supports joue un rôle important; il faut, par suite, calculer les organes pour le maximum d'efforts auxquels ils sont soumis.

On dispose les freins à action mécanique de façon qu'ils agissent automatiquement pour l'arrêt, et que la vitesse de descente ne soit pas supérieure à celle que l'on s'est imposée. Ils doivent aussi s'opposer à tout mouvement de sens contraire

puissent exercer automatiquement aucune résistance à la mise en action du mouvement à opérer. On les place le plus loin possible du point d'application de la charge et, en général, sur le premier arbre intermédiaire commandé par l'engrenage de la manivelle ou du moteur. On donne aux poulies de freins différentiels à lames un rayon de 200 à 300 millimètres, pour les treuils de faible et de moyenne puissance. Les embrayages à friction peuvent être employés comme freins tels qu'ils sont. Pour les grandes forces et les arrêts rapides, on se sert de préférence des appareils à plusieurs tours d'enroulement. Les freins à un seul tour d'enroulement sont de formes très variées et donnent une grande douceur de commande.

Dans les embrayages à cônes, qui sont très répandus, la

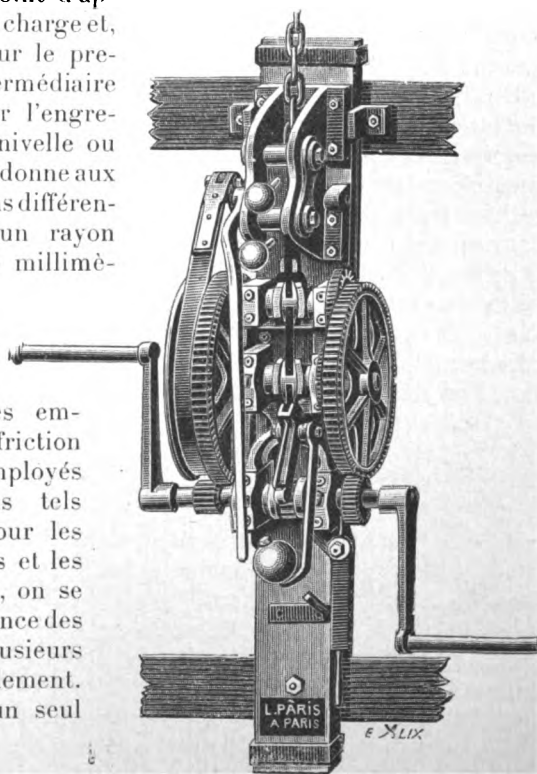


FIG. 44. — Treuil d'applique à noix sur sapine pour chantiers de montage et de maçonnerie. (Système Paris.)

pression s'exerce suivant l'axe de rotation. Pratiquement, on ne dépasse pas une vitesse de 15 mètres à la seconde, ni un effort tangentiel de 3 kilogrammes par centimètre carré à l'extrémité des rayons des surfaces coniques en prise. On prend celui-ci au moins égal à 3 fois le diamètre de l'arbre de l'appareil et souvent jusqu'à 6 fois.

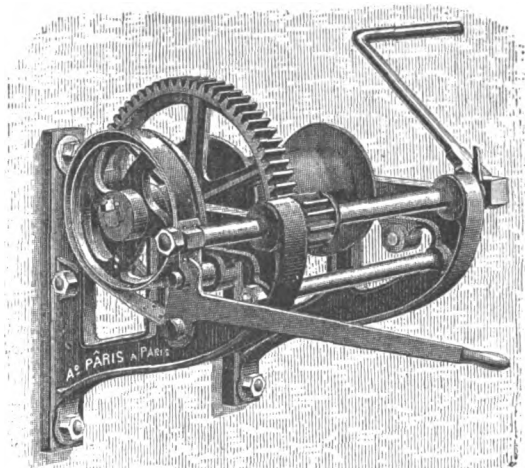


FIG. 45. — Treuil d'applique à tambour. (Système Paris.)

Les freins régulateurs de vitesse à force centrifuge agissent, le frein étant complètement desserré, d'une façon automatique et régulière et permettent de faire défiler la charge à la vitesse prévue (10 à 30 centimètres à la seconde). On peut combiner le régulateur de vitesse avec la disposition dite « droite et gauche » imaginée par Mégy, cette dernière étant particulièrement utile dans les manœuvres de précision et pour des pièces délicates qui doivent être conduites lentement et sans choc.

Un frein très sûr consiste en des disques à griffes et des rondelles de friction qui sont disposées de telle sorte que la charge est toujours maintenue sur le cliquet d'une roue à rochet et qu'elle ne peut descendre que si l'on provoque le desserrage des rondelles de friction par un mouvement en arrière des organes transmetteurs et des disques portant les griffes.

Le treuil de sûreté, à double effet Mégy, convient pour la mise en mouvement simultanée des deux cages, l'une montant et l'autre descendant. Il assure la suspension en un point quelconque, quel que soit le sens de la prépondérance, lorsqu'on arrête ou que l'on abandonne les manivelles. L'appareil comporte : un tambour sur lequel s'enroulent en sens contraire les câbles supportant les cages, deux roues dentées qui transmettent le mouvement de l'arbre des manivelles à celui du tambour et enfin le système d'entraînement.

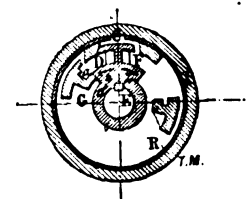


FIG. 46. — Système d'entraînement d'un treuil de sûreté.

Celui-ci se compose d'une manivelle faisant corps avec un plateau de manœuvre G (fig. 46) fou sur l'arbre E, d'un manchon d'entraînement et d'arrêt F calé sur cet arbre, d'un ressort annulaire R garni de cuir et logé dans une boîte I concentrique à l'arbre E. Le ressort qui a pour fonction de maintenir la charge est muni de deux butées b et b' fixées à ses extrémités, butées qui servent à la fois, soit à l'entraînement du ressort dans les deux sens par le plateau G, soit à l'arrêt du manchon F.

Supposons que la prépondérance de charge se trouve du côté du câble correspondant à la cabine chargée, le manchon F est entraîné dans le sens indiqué par la flèche 1, lequel vient s'appuyer sur b en sollicitant celui-ci par son côté fort qui résiste à la charge et maintient l'équilibre.

En un moment quelconque de l'élévation, si l'on vient à cesser toute impulsion et si la charge tend à détourner la manivelle, le ressort cessant d'être sollicité par son extrémité faible, reprend sa libre expansion et offre de nouveau un point d'appui au manchon F, lequel, en reculant, reprend contact sur le côté fort du ressort d'arrêt.

Si, au lieu de faire monter la charge, on veut la faire descendre dans le sens de sa prépondérance, il suffit de tourner le plateau G en sens inverse de la montée (flèche 2); alors le plateau vient solliciter en a' le ressort par l'extrémité opposée au contact d'appui et lui fait subir un desserrage partiel, lequel, en coupant l'équilibre, permet au ressort de glisser et, en continuant le mouvement, donne à la manivelle le moyen de laisser couler la charge, tout en l'accompagnant. En cessant le mouvement, le ressort reprend son expansion et l'équilibre étant rétabli, la charge reste suspendue.

Le tableau ci-après fixe sur les conditions de marche des treuils à bras et à chaîne système Mégy, construits par la maison Sautter, Harlé et C^{ie}.

FORCE DU TREUIL	VITESSE D'ASCENSION PAR TOUR de manivelle	VITESSE de DESCENTE du frein régulateur par seconde	POIDS DU TREUIL applique	POIDS DU TREUIL vertical	DIAMÈTRE DU PER de la chaîne
kg.	m.	m.	kg.	kg.	mm.
500	0,047	0,300	96	86	8 1/2
1.000	0,050	0,400		135	13
1.500	0,050	0,300		275	14 1/2
2.000	0,023 petite vitesse 0,059 grande —	0,350		480	17 1/2
3.000	0,030 petite vitesse 0,062 grande —	0,350		515	21
5.000	0,019 petite vitesse 0,039 grande —	0,300		900	
10.000	0,0096 petite vitesse 0,0184 grande —	0,200		2.100	

Treuils à vapeur. — Dans les treuils du système « applique », le moteur à vapeur attaque directement l'arbre moteur principal de l'appareil. La machine n'est pas réversible, la descente se faisant au frein agissant sur l'arbre du tambour, et commandé soit à la main, soit à l'aide d'une pédale. Les types courants se construisent pour des forces de 1.000 à 2.000 kilogrammes. Les moteurs de 1 à 2 HP sont à un cylindre, et à deux cylindres pour 3 à 5 HP.

Pour les grandes forces, le treuil est à double et à triple engrenages et le moteur à vapeur réversible à plusieurs cylindres donne le mouvement à tous les organes pour la montée, la descente, le pivotage et la translation, dans le cas de grues roulantes.

Les treuils à vapeur sont surtout utilisés pour les travaux de mines et d'entreprises; ils comprennent généralement deux tambours dont l'un est fou pour faciliter le réglage du câble et l'autre calé sur l'arbre principal.

Ces tambours sont commandés soit par un seul moteur soit par deux moteurs indépendants à changement de marche. Celui-ci est le plus souvent fait par coulisse Stephenson, moins compliquée et plus profitable pour la détente aux cylindres que le changement de marche par tiroirs. En outre, l'emploi de la coulisse permet une admission sur toute la course pour

le démarrage et une mise en détente, la machine lancée, par une simple manœuvre du levier de changement de marche.

propre frein. De cette façon, on peut sans inconvénient exécuter des manœuvres avec un seul tambour, l'autre étant

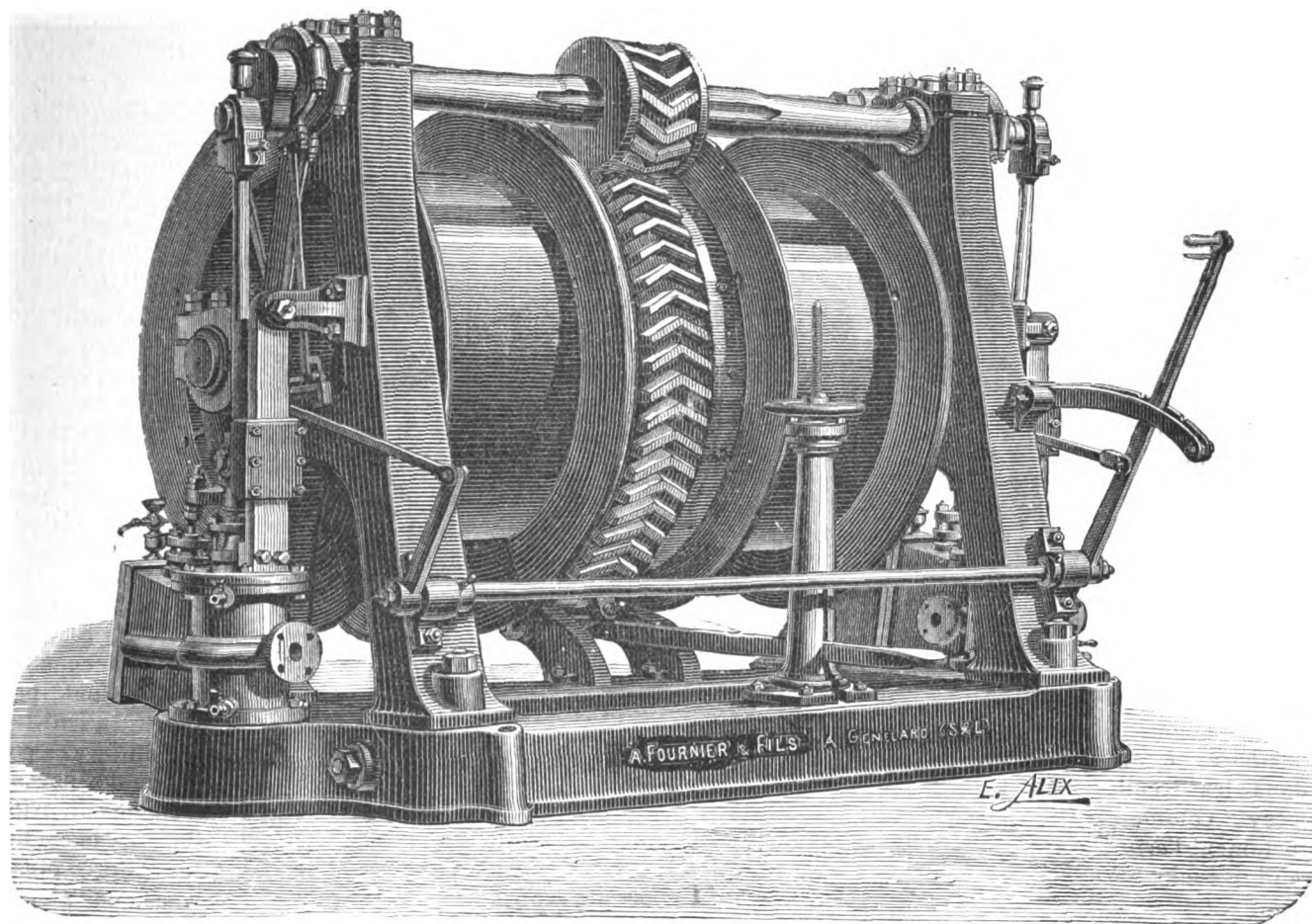


FIG. 47. — Treuil à vapeur. (Construction A. Fournier et fils.)

Le frein d'arrêt de chaque tambour doit être suffisant pour tenir la charge suspendue dans les conditions les plus défavo-

rables, c'est-à-dire avec le poids de la longueur totale du câble, l'autre tambour étant débrayé et sa charge suspendue sur son

débrayé et bloqué par le frein. Pour obtenir une bonne conservation du câble, on prend généralement un rayon d'enroulement égal à mille fois le diamètre du fil composant le câble.

Dans les treuils construits par la maison **A. Fournier et fils**, les cylindres sont placés de chaque côté du treuil avec la distribution extérieure. Pour les treuils d'une puissance supérieure à 30 HP, on adapte un frein à vapeur pour le

soulèvement des contrepoids d'un frein à bande ou d'un frein à mâchoires. Au-dessous de cette puissance, le contrepoids peut très bien se soulever par une pédale avec rapport de leviers appropriés. La commande est faite par engrenages à dentures brutes ou taillés à chevrons. Les treuils du type compound sont munis d'un réservoir intermédiaire. Celui-ci est réuni à la conduite à haute pression par l'intermédiaire d'un dépi-

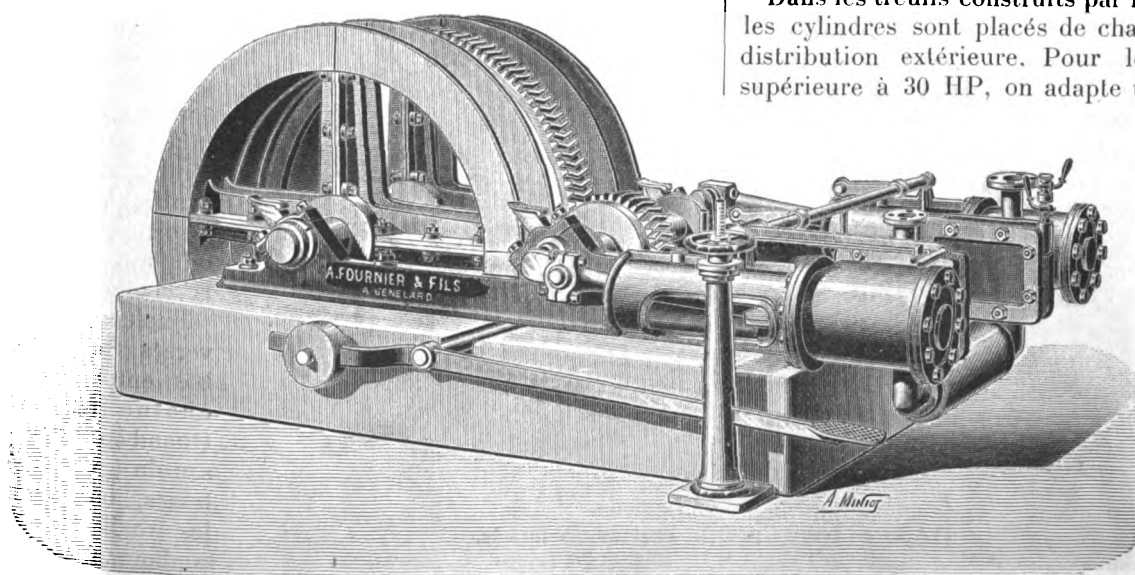


FIG. 48. — Treuil à vapeur d'extraction pour mines. (Construction A. Fournier et fils.)

queur automatique qui assure un démarrage très doux dans toutes les positions des manivelles. Ce dépi-

queur automatique qui assure un démarrage très doux dans toutes les positions des manivelles. Ce dépi-

fonction de placer automatiquement et instantanément le réservoir intermédiaire dans les conditions de marche normale aussitôt que l'on a ouvert le modérateur. Si les appareils doivent servir à la remonte du personnel, on adjoint à l'appareil les dispositifs suivants : un indicateur de profondeur à vis à deux curseurs avec sonnerie, un évite-mollette agissant sur le modérateur et sur le tiroir de cylindre de frein, et enfin un modérateur à levier à fermeture instantanée, placé à l'évite-mollette.

Dans les treuils du système **Brown**, les tambours sont commandés par des vis sans fin qui conduisent d'autres vis qui, par des tocs ajustables, dirigent les tiroirs de chaque moteur à vapeur et arrêtent ainsi automatiquement le mouvement de l'appareil aux extrémités de course.

Les cylindres à vapeur, dans les treuils **Tamperley** commandent directement l'arbre d'un treuil principal à frein réglable. Cet arbre donne le mouvement à un cabestan et à un treuil de manœuvre auxiliaire. Le changement de marche s'opère par tiroir et les deux cylindres de la machine marchent en avant pour la levée de la charge.

Treuils à pétrole. — Lorsqu'on a besoin de force motrice pour des installations loin des mines de charbon ou situées à des altitudes élevées, où le transport du combustible est trop onéreux et où il n'existe pas de lignes de transmission d'énergie, on peut recourir au pétrole.

Les treuils peuvent se faire à un seul câble et à un seul tambour, la descente des porteurs vides s'effectuant au frein. Dans ce but, le tambour est muni d'un débrayage qui l'isole du moteur. La liaison de ce dernier avec les organes du treuil s'effectue par manchon conique à friction.

Les treuils se font aussi à deux tambours avec changement de marche. Dans ce cas, le moteur tournant toujours dans le même sens, on fait le changement de marche, après débrayage, par

un changement d'engrenages analogue à ce que l'on fait en automobile. Ces treuils peuvent être munis d'un changement de vitesse permettant de régler cette dernière suivant la levée.

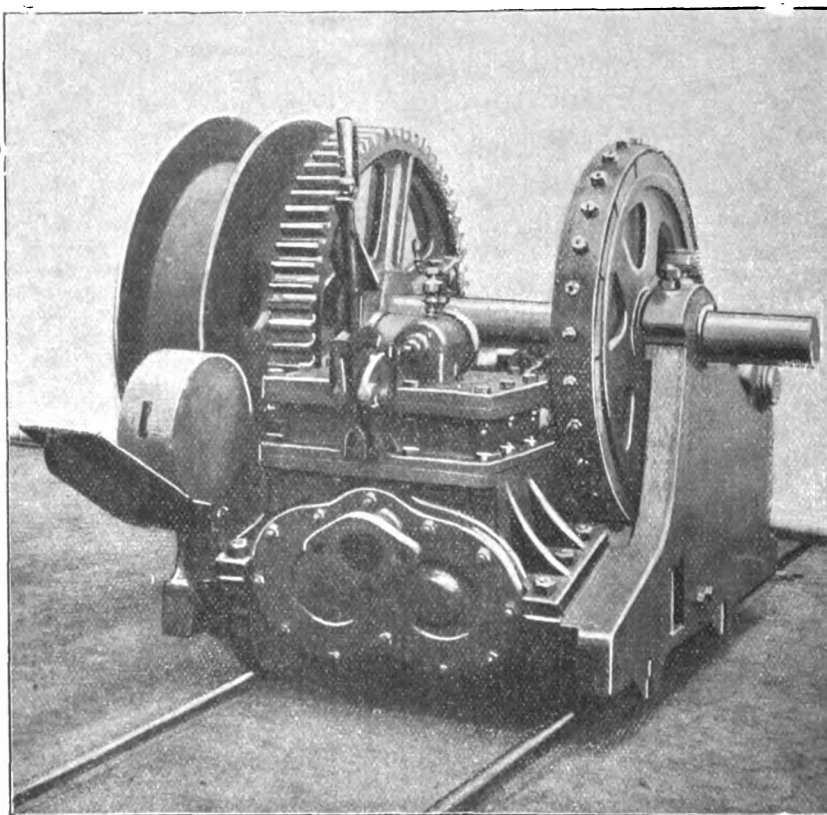


FIG. 49. — Treuil à vapeur pour mines.

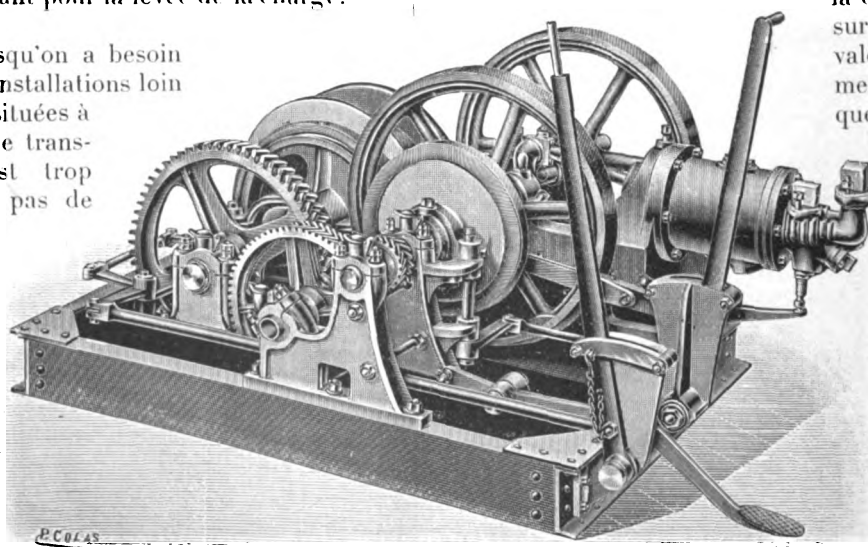


FIG. 50. — Treuil à pétrole, à commande directe.
(Construction A. Fournier et fils.)

Treuils électriques. — La levée de la charge, avec les treuils électriques, se fait couramment à des vitesses de 6 à 8 mètres à la minute pour atteindre parfois 20 mètres et plus. Assez souvent les treuils sont disposés pour deux et même trois vitesses du crochet, correspondant à des vitesses différentes pour un même engin.

Les treuils de soulèvement des charges se font à noix ou à tambour. L'emploi de la noix permet d'obtenir un rapport de transmission très facile et de réduire au minimum l'encombrement. Ils se font pour des forces allant jusqu'à 40 tonnes. On peut rendre un des harnais d'engrenages amovible, afin d'opérer le soulèvement des charges plus petites avec une plus grande vitesse. Dans les treuils à tambour et à cannelures hélicoïdales, on doit recourir à une dimension de diamètre telle que l'inclinaison des maillons de la chaîne appliqués sur la surface n'atteigne pas la valeur de l'angle de frottement de glissement, pour que la chaîne, en s'étendant

moins, fournisse une plus longue durée de service. Pour éviter tout déplacement latéral du crochet pendant la levée ou la descente de la charge, on fait développer la chaîne dans des cannelures à pas inversés (treuil à double enroulement à chaîne inversée). Quand on a à réaliser de grandes vitesses, on pourvoit les treuils de deux tambours et de quatre chaînes. Comme

deux brins sont inversés sur chaque tambour, on obtient une ascension verticale parfaite du crochet.

Les treuils à tambour à cannelures avec chaînes à maillons courts conviennent pour les forces supérieures à 40 tonnes.

jusqu'à 20 tonnes. Les treuils à câbles se font aussi pour les forces se tenant entre 10 et 30 tonnes, mais pour les charges supérieures à 30 tonnes, on a recours à la chaîne Galle et on peut aller jusqu'à 80 tonnes avec deux mouflages. Les suspensions du crochet de levage se font avec un nombre de brins variant de 1 à 8. La suspension à un brin est utilisée dans les treuils de ponts roulants à noix ou à pignon Galle; pour les grues on emploie indifféremment la noix ou le tambour avec chaînes ou câbles. La suspension à deux brins permet d'utiliser très convenablement les treuils à tambours à chaînes ou à câbles, à condition de ne pas moufler et de disposer les brins en triangle. L'emploi de la noix ou du pignon Galle oblige de recourir au mouflage, mais les oscillations de la charge sont un inconvénient, comme dans le cas d'un seul brin.

Avec la suspension à trois brins, les tambours ne peuvent être utilisés qu'à la condition de moufler. La noix se présente bien pour ce genre de suspension et, à charge égale, elle fatigue moins l'axe de la poulie de suspension, si on rend la flasque du brin fixe indépendante de celle du crochet.

Sous réserve du rendement, la suspension à quatre brins et celles d'ordre plus élevé conviennent aux treuils à tambours avec câbles. Pour quatre brins, la suspension se fait au moyen de deux câbles différents mouflés chacun à deux brins, dont le rendement est équivalent à celui du mouflage à deux brins.

De même pour huit brins, on recourt à deux mouflages à quatre brins en vue de conserver un rendement correspondant à celui du moufle à quatre brins.

Dans la suspension à quatre brins, si on ne prend qu'une seule noix, on est obligé de recourir au mouflage à quatre brins. A moins de très fortes charges, la chaîne Galle ne se prête pas convenablement aux mouflages supérieurs à quatre brins.

Dès que la suspension dépasse deux brins, on doit emmagasiner le brin mou dans une caisse disposée *ad hoc*, dont la capacité peut être basée sur 0^m3,450 par tonne emmagasinée. Il convient de laisser une distance d'un mètre environ entre la noix et le dessus de la caisse pour que la chaîne soit suffisamment tendue.

L'emmagasinage des chaînes Galle se fait soit en paquets par une série de chapelets, soit sur des molettes commandées par l'arbre du pignon Galle du moteur.

La perte de force absorbée par brin ou par poulie varie de 0,04 à 0,10, soit 0,08 en moyenne. Ainsi pour une suspension à deux brins, le travail à fournir, de ce fait, devra être 1,08 de celui qui serait nécessaire avec un seul brin, et la section de la chaîne ou du câble sera déterminée en tenant compte de l'expression :

$$\frac{p}{1,08^2} \times \frac{p}{2}$$

$\frac{p}{2}$ étant la charge statique ou au repos de chaque brin. Et

ainsi de suite pour chaque suspension à plusieurs mouflages.

Les treuils électriques sont généralement munis des **freins mécaniques** que nous avons signalés plus haut et de freins électriques. Le freinage à l'aide du courant électrique s'obtient de diverses manières. Un freinage énergique est celui qui consiste à utiliser la propriété du moteur électrique de marcher en génératrice quand, après la rupture du courant qui l'alimente, il continue à tourner en vertu de l'inertie des masses⁽¹⁾. Alors le courant produit par le moteur lui-même détermine un freinage dont la puissance est proportionnelle à l'intensité du courant et aussi au

nombre de tours (moteurs à courant continu et à courant triphasé). Mais, par sa nature même, ce freinage est quelque peu brutal et diminue d'intensité en même temps que la vitesse du moteur; de ce fait, il n'est utilisé que dans des cas spéciaux, car on préfère recourir aux freins électromagnétiques, établis de telle sorte qu'à la mise en marche, et pendant que le moteur tourne, un courant parcourt un électro-aimant qui attire le levier d'un frein mécanique à bande ou à sabots, et détermine le desserrage.

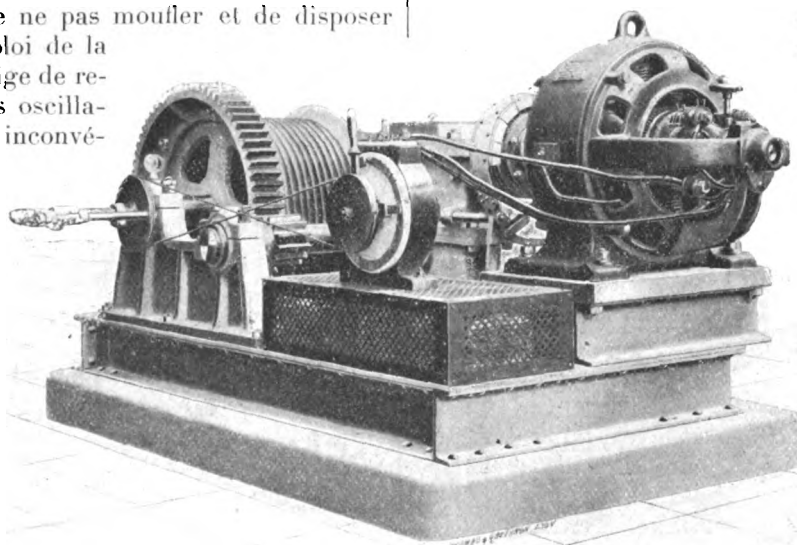


FIG. 51. — Treuil électrique à roue et vis sans fin.
(Construction Biérix, Leflaive et C^{ie}.)

Pour l'arrêt du mouvement de levage, ou tout autre mouvement, ou si le courant vient à être interrompu, l'électro-aimant abandonne le levier du frein, et un autre poids ou un ressort interviennent pour produire la tension de la bande, et par suite le serrage de l'appareil. Le courant traverse d'abord le circuit d'alimentation du frein, afin que celui-ci soit tout d'abord détaché avant que le moteur ne commence à tourner. Ces freins sont donc normalement serrés à l'arrêt. Pour les moteurs shunt, on place la bobine de frein dans le circuit d'excitation.

Ce frein est généralement placé sur le premier harnais du treuil.

La figure 52 représente un **embrayage magnétique** appliqué en Amérique pour les puissants appareils de levage. Le bâti *aa* du moteur porte un électro-aimant *bb*. Le plateau *d* peut prendre sur l'arbre *c* un déplacement longitudinal, qu'un ressort de rappel *e* peut remplacer dans la position de débrayage lorsque le courant cesse de parcourir l'enroulement de l'électro. Pour embrayer, c'est-à-dire serrer le frein, il suffit d'envoyer le courant dans le circuit de l'électro et le plateau attiré et serré contre les parties dressées du bâti *aa* produit par son frottement l'arrêt de l'appareil.

La valeur de l'aimantation dépend de celle du courant et le mécanicien peut la faire varier par l'intermédiaire d'une résistance électrique intercalée dans le circuit. Cette ma-

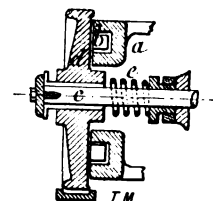


FIG. 52. — Embrayage magnétique.

⁽¹⁾ Voir plus loin : Commande électrique des appareils de levage, p. 28.

nœuvre se fait d'ailleurs automatiquement. Un frein à ruban, disposé à la périphérie du plateau mobile, peut servir à augmenter la puissance de l'appareil.

Pour éviter tout recul des moteurs, on emploie des freins magnétiques bloqueurs rendus indépendants des mécanismes de manœuvre auxquels ils sont appliqués; ils n'ont pas besoin d'être dégagés lors de la mise en action de l'un ou l'autre de ces mouvements.

Ces freins bloqueurs sont constitués, en principe, d'un noyau en fer doux qui, attiré par un solénoïde, écarte le sabot ou la bande de frein lorsque le moteur va se mettre en route et ne le laisse porter sur la poulie de frein qu'au moment de l'arrêt. Ces appareils sont réversibles et automatiques.

La figure 53 montre un frein bloqueur modérateur employé

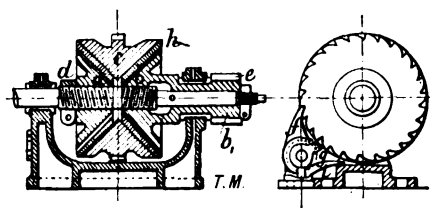


FIG. 53. — Frein bloqueur modérateur.
(Système Thomson-Houston.)

par la firme Thomson-Houston, qui consiste en un manchon tronconique *a* fixé sur l'arbre moteur, réglable et immobilisé par le serrage à bloc de l'écrou de butée *d* et en un autre manchon *b* de même genre, qui peut sensiblement se déplacer longitudinalement de façon à serrer ou desserrer, sur les cônes de révolution ainsi formés, un manchon *c* en forme de V, sur la périphérie duquel est ménagée une denture de roue à rochet. L'arbre moteur porte un pignon *b*, sur lequel se fait l'application des résistances ou des charges. Un écrou *e* limite le recul maximum que peut prendre le cône *b* pour l'empêcher de buter sur les coussinets de son palier; il est réglé de telle sorte qu'il assure par sa friction sur le pignon *b*, l'entraînement de *b*, simplement soumis aux résistances passives du mécanisme. Le sens du filetage donné à *a* et *b* est tel que la charge ou la puissance du dévissage tende constamment à l'approcher de *a*, et par suite à créer un frottement énergétique entre les surfaces de l'intermédiaire *c* intercalé entre eux.

Ainsi, durant la montée d'une charge, les trois manchons *a*, *b*, *c* tournent comme s'ils faisaient partie intégrante de l'arbre moteur, et alors le cliquet *f* glisse sans prise sur le rochet *c*. Si la charge tend à produire le dévissage, les sabots des deux frotteurs à ressort *g*, entraînés par la friction de la jante lisse du rochet, mettent automatiquement le cliquet en prise et le rochet devient immobile. Comme en même temps la charge tend à visser le manchon *b* et qu'à son tour *c* vient coincer contre *a*, celui-ci ne peut être entraîné par la puissance motrice inversée en vue de descendre le fardeau ou retenue par elle, lorsque la vitesse de dévissage ou de descente tend à s'accroître.

Des garnitures folles *h*, interposées entre ces manchons, ont un rôle de sécurité, de façon à ce que tout arrêt brusque

dû à un mauvais état des surfaces frottantes ne puisse se produire.

Les ateliers d'Oerlikon équipent leurs treuils électriques d'un dispositif qui coupe automatiquement le circuit du moteur de levage et bloque le frein, si le crochet du treuil vient à dépasser sa position limite supérieure. Le mouvement de levée est ainsi instantanément interrompu. Ce nouvel appareil, qui peut être facilement adapté à des treuils déjà installés, exige seulement la commande automatique du frein de charge, soit par un servo-moteur en cas de courant triphasé, soit par un électro en cas de courant continu.

Le dispositif en question (fig. 54) consiste en un arbre actionné par un organe rotatif quelconque du mécanisme de levée au moyen d'une manivelle, d'un engrenage ou d'une chaîne. Cet arbre transmet son mouvement à une tige à filet rectangulaire par l'entremise d'une vis sans fin calée sur l'arbre susdit et d'une roue hélicoïdale. Un conducteur glisse dans le filet de ladite tige et suit le mouvement ascendant de la charge. Au moment où le crochet atteint sa position limite supérieure, il agit sur un taquet et déclenche un interrupteur bipolaire à couteaux. Un contrepoids accélère le mouvement de déclenchement et assure la déconnexion instantanée de cet interrupteur. Le circuit du moteur de levage une fois coupé, le servo-moteur ou l'électro n'est plus alimenté et cesse, par conséquent, d'agir contre le frein. Ce dernier entre donc immédiatement en action.

Pour remettre le treuil en mouvement, il suffit d'ouvrir le frein et de laisser redescendre la charge. Le susdit conducteur suit alors le mouvement descendant de celle-ci; il appuie sur les ailettes de l'interrupteur qu'il referme. Si le crochet ne porte aucune charge, on le fait redescendre en tournant la manivelle fixée à l'arbre du moteur de levage, et l'appareil fonctionne comme ci-dessus. L'appareil ne pèse que 10 kilogrammes. On l'actionne de préférence par l'arbre de la vis hélicoïdale du treuil au moyen d'une petite manivelle.

Dans les appareils où le moteur de levage ne tourne qu'à la montée, un frein différentiel bloque le moteur à la descente et un accouplement à friction permet de débrayer le tambour, la vis ou les engrenages du treuil, du restant du mécanisme. Dans ce cas, on augmente la vitesse à vide, en faisant plus lourd le contrepoids dont on munit ordinairement le crochet de levage. Cette disposition offre l'avantage d'une dépense

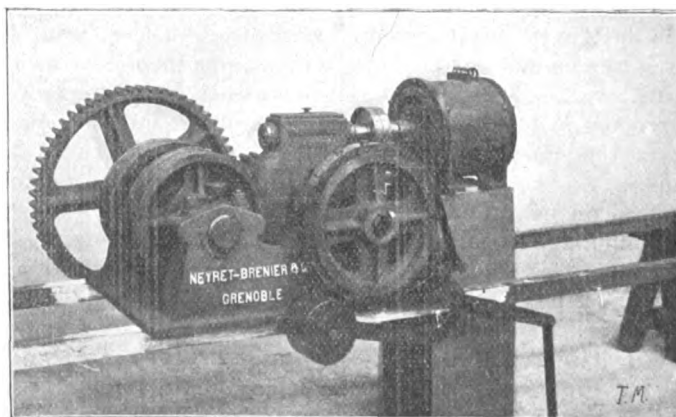


FIG. 54. — Treuil électrique pour monte-charge.
(Construction Neyret-Brenier.)

moindre de courant que celle qui consiste à activer la descente des faibles charges ou du crochet à vide, ou même à accélérer la mise en vitesse au moyen du moteur, opérations qui nécessitent alors une dépense d'énergie sensible.

Les électro-aimants constitutifs du frein électro-magnétique sont généralement du type plongeur avec culasse magnétique en fer. Pour le courant triphasé, on emploie un électro sur chaque phase.

La commande des treuils par une roue et vis sans fin demande que le travail de frottement soit réduit autant que possible par l'adoption, pour les roues, de denture taillée théoriquement par vis fraiseuse et, pour les vis, de butées à billes.

tournant dans de longs coussinets en métal antifriction. Quant aux treuils à commande par engrenages cylindriques, pour que le nombre de ces derniers n'en soit pas exagéré et que le frottement en soit le moins élevé, il faut employer des roues à denture taillée dans la masse sur des machines de grande précision, en acier coulé et même en acier forgé. Ces treuils sont indiqués plus spécialement pour les engins de grande puissance, et généralement partout où le retour de la charge se fait par gravité.

Treuils électriques pour mines. — Les premières applications de l'électricité dans les mines ont été faites sur les treuils, pour remplacer l'air comprimé ou la vapeur, et elles prennent tous les jours un développement croissant.

Ils sont d'ailleurs beaucoup plus simples que ceux à vapeur ou à air comprimé et remplissent le même but plus avantageusement ; ils conviennent pour travaux de fonçage ou d'exploitation, pour plans inclinés, élévations de fardeaux, etc.

Les treuils ordinaires comprennent généralement deux tambours d'enroulement du câble montés sur un arbre principal, un ou deux harnais cylindriques et un moteur électrique. L'un des tambours est fou sur l'arbre, pour faciliter le réglage du câble ; un indicateur à sonnerie renseigne le mécanicien sur la position des bennes ou wagonnets suspendus au câble ; il a également à sa disposition tous les appareils de manœuvre nécessaires pour commander les mouvements du treuil.

Le diamètre des tambours varie de 0^m,700 à 1^m,50 pour des forces de 450 à 1.500 kilogrammes, la largeur de 0^m,350 à 0^m,750 et le nombre de tours de 45 à 20. La puissance du moteur va de 15 HP à 35 HP dans les dites conditions.

La commande des treuils à moteurs à courant triphasé s'obtient par des

manœuvres effectuées par démarreur-régulateur à résistances liquides et par manœuvres opérées par controller avec résistances métalliques, et pour les treuils à moteurs à courant continu, par manœuvres effectuées à l'aide de variations du champ magnétique, cette variation pouvant être automatique à fin de course, et par manœuvres opérées par controller avec résistances métalliques.

Les treuils comportent : un frein de secours ; des dispositifs qui suppriment le courant au moteur chaque fois que le frein de sécurité est mis en action, et empêchent les fausses manœuvres ; un frein de manœuvre enclenchant le levier de manœuvre du controller ; un appareil de ralentissement automatique et d'arrêt à fin de course, raccordé à ce frein de manœuvre.

La poulie de frein sur laquelle agit le frein de sécurité est calée sur l'arbre du tambour. Elle reçoit l'action d'un frein à contrepoids normalement serré. L'extrémité du levier de frein est suspendue à un câble qui passe sur un tambour muni d'une roue à rochet avec cliquet qui tient le contrepoids de frein suspendu. Le frein est encore muni d'une cataracte pour empêcher la chute brusque du contrepoids.

Trois moyens existent pour provoquer le **serrage du frein de sécurité** : 1° un électro-aimant tient suspendu un petit contrepoids relié à la pédale ou au levier de manœuvre du cliquet de frein, de sorte que si le courant vient à être supprimé pour une cause quelconque, le cliquet, solidaire de la pédale ou levier, se dégage du crochet et laisse tomber le contrepoids de frein de sécurité ; 2° le serrage peut s'effectuer par le mécanicien qui, avec son levier à main ou pédale, dégage le cliquet et provoque la chute du contrepoids ; 3° le dégageement du cliquet, et, par suite, le serrage du frein de sécurité se produit encore si la cage dépasse la recette d'une quantité réglée d'avance. Pour cela, les curseurs de l'indication de position viennent ouvrir un interrupteur qui supprime le courant en actionnant l'électro-aimant du frein de sécurité.

L'évite-molettes comprend l'appareil de ralentissement et

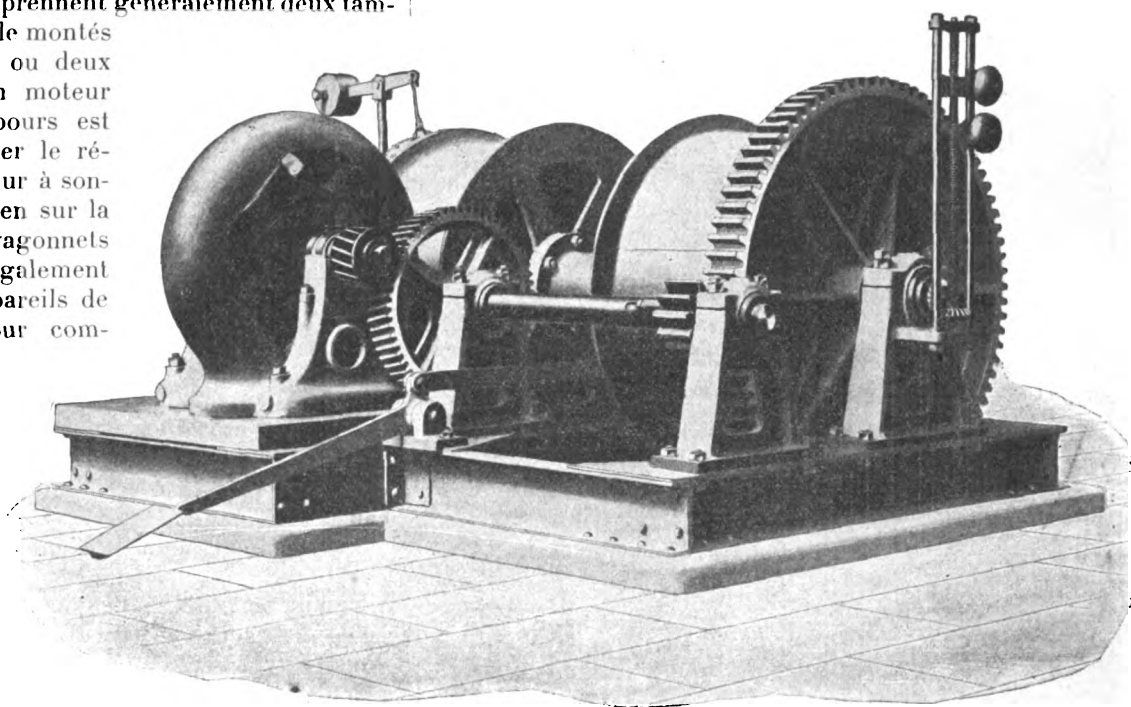


FIG. 55. — Treuil électrique pour mines. (Construction Biétreix, Leflaive et C^{ie}.)

la mise en action du frein de sécurité. Si la cage dépasse la recette, à l'aide des dispositifs additionnels, on peut : 1° obtenir la mise hors circuit du moteur au moyen de leviers reliés au levier du frein de sécurité, par exemple si le frein était jeté sur la machine sans que le courant soit supprimé, ce qui produirait le grillage du moteur ; 2° remettre le courant sur l'induit sans avoir desserré le frein de sécurité, car l'interrupteur ci-dessus ne peut être fermé que par la manœuvre du frein de sécurité.

La poulie de frein de manœuvre se trouve calée sur l'arbre intermédiaire qu'attaque directement le moteur électrique. C'est un frein normalement serré à contrepoids et la manœuvre se fait par pédale. Celle-ci est enclenchée avec le levier du rhéostat, de telle sorte qu'on ne peut mettre le courant sur l'induit, sans avoir desserré le frein de manœuvre. D'autre part, on ne peut serrer le frein de manœuvre sans avoir ramené à zéro le levier du rhéostat. Ce dispositif permet, en outre, au frein de manœuvre, de se serrer automatiquement aussitôt que le rhéostat a coupé le courant sur l'induit.

Le ralentissement est normalement obtenu par le méca-

cien ramenant progressivement à la main le levier de manœuvre vers le plot mort. Si le mécanicien n'a pas effectué le ralentissement au moment voulu, le curseur de l'indicateur de position rencontre une rampe articulée qui, par l'intermédiaire de leviers, produit la mise automatique à zéro du levier de manœuvre. Au moment où ce levier est ainsi ramené au point mort, la came qui tient desserré le frein de manœuvre présente son encoche, pour permettre le serrage automatique avec frein de manœuvre.

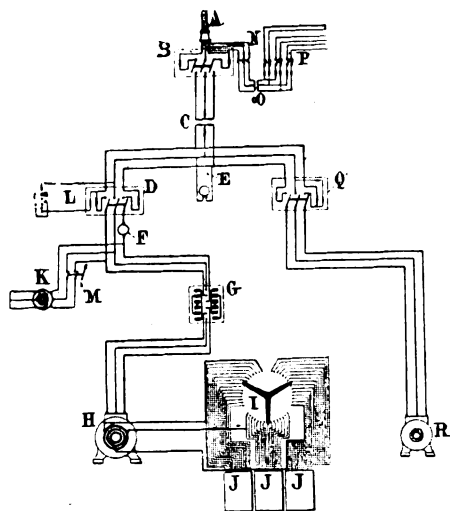


FIG. 56. — Schéma de la commande électrique d'un treuil d'extraction.

- | | |
|--|--|
| A, câble armé 3×50 sous 4.000 volts | J, résistances métalliques dans l'huile; |
| 18 périodes : seconde; | K, moteur du frein avec résistances; |
| B, interrupteur à bain d'huile avec relais | L, interrupteur de l'évite-molettes; |
| à maxima; | M, interrupteur commandé par levier à |
| C, transformateur statique de 200 K.V.A. | main; |
| 4.200/500; | N, interrupteur à bain d'huile; |
| D, interrupteur à bain d'huile avec relais | O, transformateur statique de 5 K.V.A. |
| à maxima et à minima; | pour 4.000/115; |
| E, voltmètre; | P, trois circuits d'éclairage; |
| F, ampèremètre; | Q, interrupteur à bain d'huile avec relais |
| G, inverseur à bain d'huile; | à maxima; |
| H, moteur d'extraction 155 HP, 500 volts, | R, moteur de 60 HP pour un compres- |
| 48 périodes : seconde; | seur d'air. |
| I, appareil de manœuvre; | |

Pour avoir un bon rendement, les treuils de mines exigent l'emploi d'engrenages robustes et taillés, tels les engrenages Citroën à chevrons, dont la caractéristique est l'inclinaison des hélices à 45° , inclinaison qui permet l'obtention d'un profil de denture dans lequel, même pour des pignons de moins de dix dents, l'épaisseur à la base est encore ou supérieure ou au moins égale à celle qui existe au diamètre primitif. Cela permet la construction de pignons à nombre de dents très réduit et par conséquent la conception de grands rapports d'un seul train d'engrenages. Si l'on considère que l'inclinaison des hélices à 45° donne un frottement minimum, il s'ensuit que l'usure est très réduite et le rendement très élevé, par suite de l'absence de jeu dans la denture. Ce rendement, qui est de 98 0/0 pour deux roues égales, descend seulement à 95 0/0 pour un rapport de 1 à 20, qui est appliqué d'une façon courante.

De plus, les deux hélices étant rigoureusement égales et de sens contraire, les deux poussées qui s'établissent, s'annulent mutuellement, étant de forces égales et de directions opposées. Il n'y a donc aucune réaction sur les arbres.

Nous donnons la description d'un système **Heuze-Prison-Lahmeyer** conditionné pour extraire 500 tonnes en dix heures avec deux cages à quatre chariots (deux chariots par étage) à 150 mètres de profondeur.

Les poulies-molettes sont placées à 9 mètres au-dessus de

la recette et les appareils sont manœuvrés au moyen d'un pont roulant.

Les pièces du treuil ont été construites pour être transportées à l'intérieur de la mine et avoir des dimensions maximales de $1^m \times 1^m,750$.

Le bâti du treuil est en fonte et il se compose de quatre parties boulonnées.

Les tambours cylindriques, de 2 mètres de diamètre, sont attaqués par un train d'engrenages droits; ils sont garnis de douves en bois de 120 millimètres d'épaisseur, et pour assurer l'enroulement régulier des câbles, ils ont été rainurés hélicoïdalement. Les câbles sont du type rond, en acier, de 39 millimètres de diamètre et leur vitesse est de $1^m,75$ à la seconde.

Sur l'arbre portant les tambours se trouvent, à l'extérieur, des roncs dentés, et à l'intérieur, la poulie de frein. Ces différentes pièces font corps avec les plateaux des tambours, qui sont en acier coulé. Les paliers sont munis de coussinets en bronze et le graissage se fait par bagues.

Le treuil possède deux freins : celui de manœuvre, qui agit sur l'arbre du moteur, l'autre de sécurité agit automatiquement sur les tambours. Le frein de manœuvre est rendu solidaire du levier du controller, c'est-à-dire que le levier du frein est calé lorsque le controller est à zéro. Une contre-pédale permet toutefois de desserrer le frein, alors même que le controller serait à l'arrêt, ceci pour permettre la manœuvre de descente sans courant.

Le frein de sécurité fonctionne : 1° en manœuvrant l'interrupteur de l'évite-molettes, supprimant ainsi le courant à partir du tableau de distribution; 2° en déclenchant l'interrupteur du moteur du frein, appareil qui est actionné par le levier placé près du mécanicien; 3° en produisant le déclenchement d'un contrepoids indépendant du frein électrique, ceci dans le cas où le moteur du frein serait calé pour une cause quelconque.

Une cataracte adoucit la chute des contrepoids du frein.

Treuils roulants. — Les dispositifs des treuils roulants, appelés aussi chariots, sont très variés. Les chariots roulants ordinaires reçoivent deux essieux portant chacun une paire de galets et tout châssis porte un ou plusieurs treuils, pour le levage des charges et pour la direction du chariot mus à la main ou au moteur.

La construction des châssis varie avec l'importance des charges à soulever et la combinaison des mécanismes des mouvements à effectuer. Tantôt ils sont constitués par des flasques en fonte où les axes des galets porteurs et des engrenages servent eux-mêmes d'entretoises (fig. 63); tantôt les flasques sont en tôle, renforcées par cornières et des entretoises spéciales. Enfin on utilise les fers profilés, assemblés, rivés avec des cornières (fig. 64). Parfois le chariot est composé d'un châssis en acier moulé d'une seule pièce portant les mécanismes de levage et de translation.

Les trucks pour les forts chariots sont formés d'une poutre composée pour l'attache des galets, sur laquelle est assise la semelle supportant tout le mécanisme. Les galets sont clavetés sur de gros arbres qui traversent les chariots dans lesquels ils reposent par une double portée avec fourrure en bronze. La translation est opérée par un essieu commandé par un moteur séparé de celui du levage.

Avec les aciers profilés, on peut compter sur une résistance de 42 kilogrammes par millimètre carré avec une limite d'élasticité de 22 kilogrammes. Pour les fers laminés en forme de C, la section la plus avantageuse s'obtient en donnant à l'âme une épaisseur e aussi faible que possible et une hauteur h dé-

terminée par la relation :

$$h = 0,78 \frac{S}{e}$$

S étant la surface de la section transversale.

Les manœuvres des charges dans les aciéries ont donné

lieu à des dispositions spéciales de chariots : chariot à flèche, chariot à bec, chariot porte-poches, etc.

Tantôt la manœuvre à bras des treuils roulants se fait du haut de l'engin auquel ils sont adaptés, de volants à l'aide de manivelles (fig. 57, 58 et 59), tantôt du sol au moyen de chaînes pendantes par l'intermédiaire de poulies à empreintes calées à la place des manivelles (fig. 59).

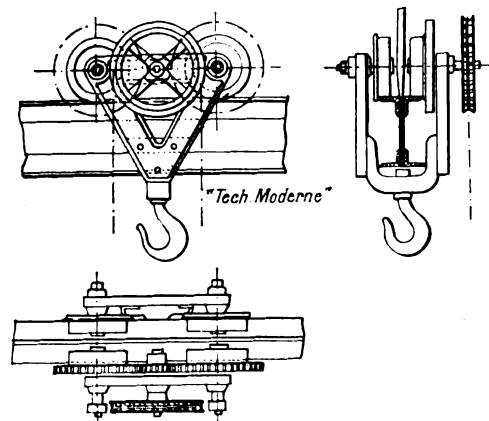


FIG. 57. — Chariot roulant avec manœuvre à main du sol.

dière de poulies à empreintes calées à la place des manivelles (fig. 59).

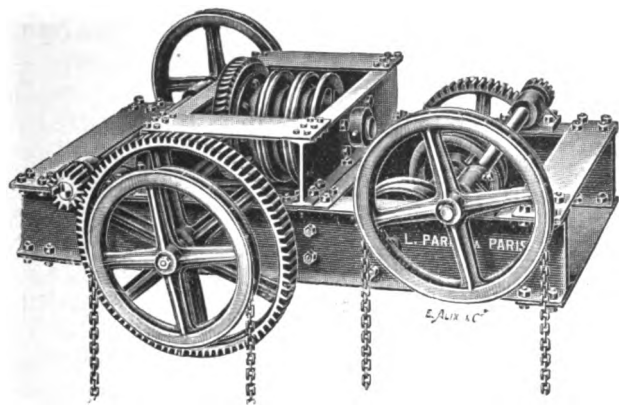


FIG. 58. — Treuil roulant. (Système Paris.)

Deux des galets du chariot sont munis d'une roue dentée engrenant avec un pignon sur l'axe duquel est calée la roue à empreintes. Parfois la traction du chariot a lieu au moyen de chaînes reliées au truck moteur.

L'effort exercé dans ce cas sur une chaîne de traction peut atteindre jusqu'à 30 kilogrammes pour un homme.

Les résistances passives à vaincre pour le déplacement horizontal de la charge consistent dans le frottement de roulement des galets porteurs, dans celui des axes, et, lorsque le chariot est tiré par des chaînes ou des câbles, dans le frottement déterminé par l'enroulement ou le déroulement de la chaîne de traction sur des poulies de renvoi.

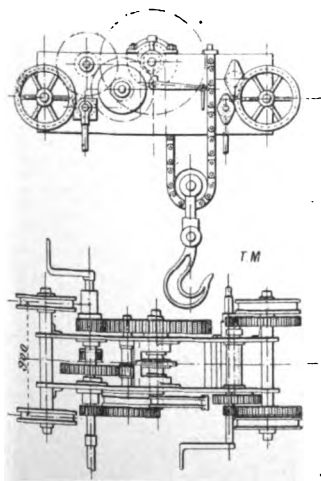


FIG. 59. — Treuil roulant avec manœuvre à manivelle.

roulement de la chaîne de traction sur des poulies de renvoi.

Pour les galets assez petits par rapport à leurs axes, il faut compter sur une résistance au roulement de 2,5 à 3 kilogrammes par tonne et sur un coefficient de glissement de 0,10 à 0,15.

La vitesse de translation des chariots de ponts roulants mus électriquement est de dix à quinze fois celle de levage. Les vitesses de 20 à 30 mètres par minute sont les plus courantes, mais on a poussé ces vitesses jusqu'à 120 mètres par minute et plus. Quand les ponts roulants sont établis à l'intérieur des locaux à desservir, il n'est pas d'usage de munir les chariots de freins bloqueurs, à moins que la vitesse n'atteigne 1 mètre à la seconde.

Les roues des chariots pour ponts roulants ou grues se font soit à un seul boudin intérieur, soit à double boudin. Dans ce

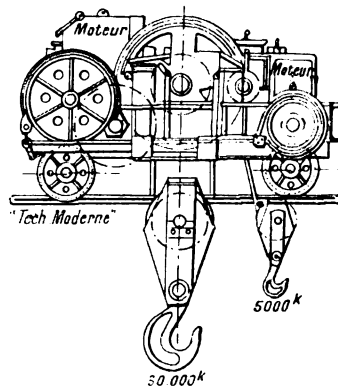


FIG. 61. — Treuil roulant électrique à 2 crochets.

dernier cas, le boudin extérieur doit laisser un jeu de quelques millimètres avec le bourrelet du rail. Pour les charges peu importantes, les galets sont fous sur leurs essieux, mais la charge sur les fusées, qui est très inégalement répartie, s'exerce presque entièrement sur le côté. Pour les charges plus fortes, les roues motrices sont calées sur les essieux et elles sont, soit munies d'un bandage en acier, soit entièrement en acier moulé ou en fonte trempée. Il se font pleins ou vides. On fait aussi usage de galets en fonte avec roue dentée venue de fonderie.

Les essieux sont d'une seule pièce pour deux galets ou chacun de ceux-ci a son essieu spécial; la saillie des boudins se prend généralement égale au tiers de la largeur de la jante. On peut admettre un rapport de 6 à 7, entre le diamètre des fusées et celui des galets. Plus exactement, on déduit le diamètre des galets de la surface d'appui de ceux-ci sur les rails, en comptant sur 40 à 60 kilogrammes par millimètre carré de la charge portée par chaque galet. De cette relation, on déduit la longueur du degré de la circonférence, ainsi que le diamètre en résultant. L'épaisseur du

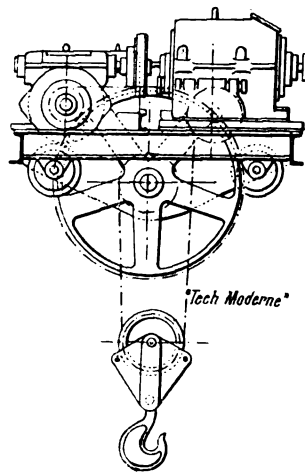


FIG. 60. — Treuil roulant électrique à vis sans fin.

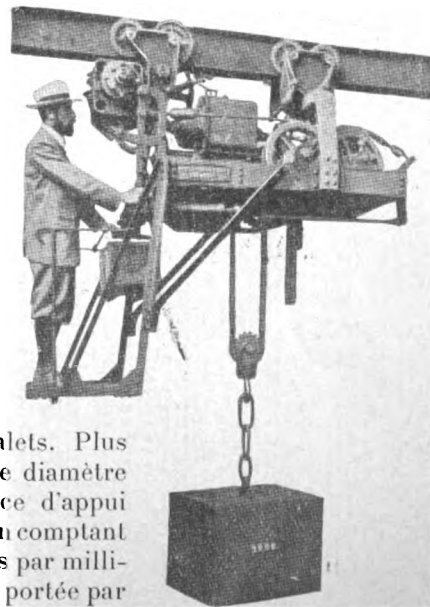


FIG. 62. — Treuil roulant électrique accompagné avec mouvements de translation de levage. (Construction Neyret-Brenier.)

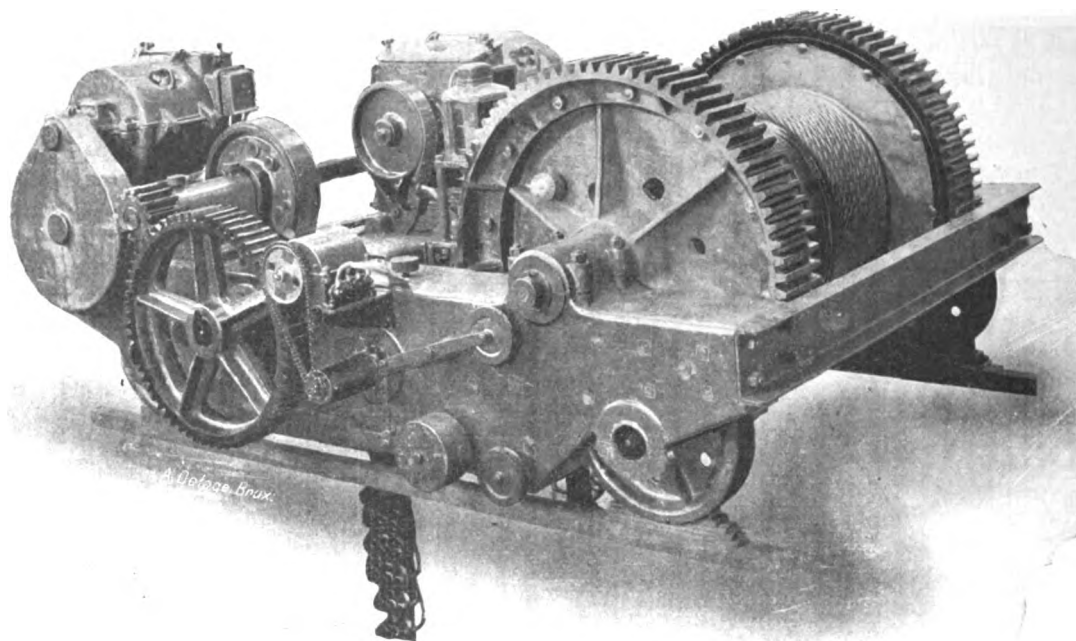


FIG. 63. — Treuil de pont roulant équipé par moteurs électriques à courant continu.
(Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est.)

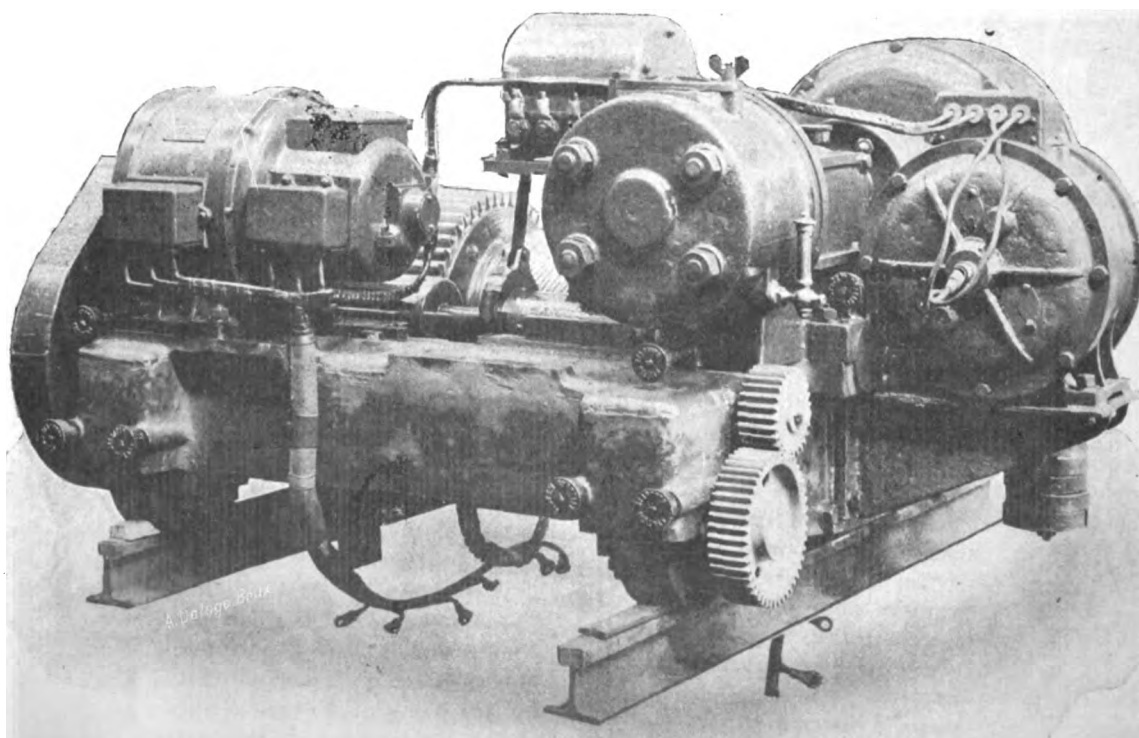


FIG. 64. — Treuil de pont roulant équipé par moteurs triphasés cuirassés.
(Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est.)

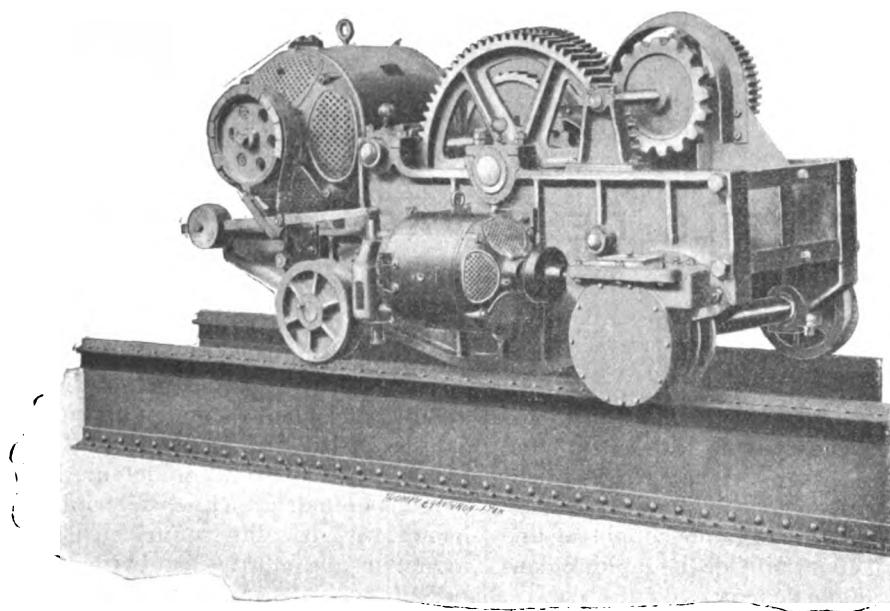


FIG. 63. — Treuil roulant de levage pour pont électrique de 25 tonnes, avec frein mécanique, frein électrique et commande par engrenages cylindriques. (Construction Biérix, Leflaive et C^{ie}.)

moyeu, pour les galets en acier clavetés ou serrés à force, égale 1,8 fois le diamètre des fusées, 2 fois pour les moyeux en fonte.

La translation du chariot, dans les engins électriques, a lieu, comme pour la levée de la charge, à l'aide d'une vis sans fin engrenant avec une roue hélicoïdale et un train d'engrenages (fig. 60), ou par une série de gradins d'engrenages cylindriques en communication avec les galets de roulement.

Lorsque le treuil est utilisé pour soulever des charges très différentes, on le munit de deux crochets (fig. 61).

Les galets moteurs sont, soit montés sur le même essieu, soit sur les deux. On peut donner à tous les engrenages la même denture, en employant, pour les roues calées sur les axes des galets, de l'acier moulé et pour celles de l'arbre intermédiaire, de la fonte. Lorsqu'on donne le même nombre de dents N aux roues des différents gradins, on trouve pour sa valeur, dans le cas de trois trains d'engrenages :

$$N = \sqrt[3]{\frac{n \times n' \times n''}{n'''}}$$

où n désigne le nombre de dents du pignon du moteur, n' le nombre de dents des autres pignons, n'' le nombre de tours du moteur et n''' celui des galets.

Tous les appareils que nous venons de passer en revue constituent des organes complets qui peuvent être employés indépendamment de tous autres : crics et vérins prenant appui sur le sol ou sur tout massif suffisamment résistant, palans, mouffles, suspendus à des chevalets comme la chèvre des charpentiers, cabestans et treuils montés sur fosse ou établis sur un truck quelconque.

Mais tous ces appareils élémentaires trouvent leurs plus intéressantes applications, combinés entre eux et montés sur des engins mobiles ou moteurs, de manière à constituer les ponts roulants, grues, monte-charges et tous appareils de manutention employés dans les grandes usines métallurgiques modernes.

Ce sont tous ces merveilleux organismes que nous allons examiner dans les deuxième et troisième parties de notre ouvrage. L'électricité étant la force motrice la plus employée, nous allons tout d'abord consacrer un chapitre à son emploi.

DEUXIÈME PARTIE

APPAREILS DE LEVAGE COMBINÉS

COMMANDE ÉLECTRIQUE

La commande électrique des appareils de levage est l'une des plus avantageuses à l'heure actuelle. Avec elle on obtient une augmentation du rendement de l'ensemble, une sécurité de marche des plus remarquables, une grande souplesse, une bonne utilisation des appareils par suite de la rapidité dans les manœuvres et enfin une grande économie d'entretien.

Moteurs électriques. — Le moteur à courant continu est, de beaucoup, celui qui se prête le mieux à la commande des appareils de levage, par suite de sa souplesse, du réglage économique et simple de sa vitesse, et enfin de son couple de démarrage élevé, surtout dans le cas du moteur série.

Le *moteur série* est aujourd'hui le plus généralement employé. On sait que, dans un tel moteur, tant que l'inducteur n'est pas saturé, le flux d'excitation augmente proportionnellement au courant I , et par suite le couple moteur est proportionnel à I^2 . Par conséquent, si l'on veut avoir, par exemple, au démarrage, un couple double du couple normal, ce couple nécessitera dans un moteur shunt un courant double du courant normal, tandis qu'il n'exigera dans un moteur série qu'un courant égal à $\sqrt{2}$ ou 1,414 fois le courant normal. Les appareils de levage devant souvent démarrer à pleine charge, on conçoit que cet avantage du moteur série soit particulièrement précieux. Un autre avantage du moteur série est que la force électromotrice de self-induction due à la rupture du courant dans les bobines inductrices n'atteint pas une valeur très élevée, à l'encontre du moteur shunt.

Evidemment le moteur série a l'inconvénient de s'emballer à vide; mais pour la commande de translation, cet inconvénient n'a pratiquement aucune importance; en effet, les moteurs qui commandent ces mouvements sont comparables à des moteurs de traction et ne fonctionnent jamais à vide.

Pour le levage, l'emballlement pourrait être à craindre lorsque le crochet remonte à vide ou peu chargé; il convient donc de faire choix d'un moteur fortement saturé, mais il sera préférable de renoncer à l'emploi de celui-ci si le couple correspondant à la charge minimum représente une fraction inférieure à 10 0/0 du couple correspondant à la charge maximum.

D'ailleurs, la vitesse du moteur série variant dans d'assez larges limites avec la charge, celui-ci serait d'un maniement peu commode, lorsqu'il est nécessaire d'arrêter la charge exactement en un point déterminé, ce qui est, par exemple, le cas des appareils de levage employés dans les fonderies; dans ce cas, il faut recourir au moteur shunt dont la vitesse ne varie que de quelques pour cent avec la charge.

Le *moteur shunt* nécessite au démarrage un courant, toutes choses égales d'ailleurs, plus élevé qu'avec le moteur série. Le moteur shunt, possédant un nombre de spires inductrices beaucoup plus grand que le moteur série, il s'ensuit que la

force électromotrice de self-induction due à la rupture du courant dans les bobines inductrices atteint une valeur considérable. Or, étant donné qu'un moteur de levage est soumis à des arrêts très fréquents, il peut s'ensuivre, si l'on coupe à chaque arrêt le circuit inducteur, des ruptures d'isolement des bobines inductrices et des détériorations rapides du contrôleur. Quant à la solution qui consisterait à n'ouvrir le circuit inducteur que pour les arrêts prolongés, elle n'est réellement pas applicable en pratique.

Lorsqu'on veut arrêter la charge en un point précis de sa descente, le moteur shunt est tout indiqué, car il est plus susceptible de remplir cette condition.

Le *moteur à courant alternatif monophasé*, dans sa forme de moteur à collecteur, qui possède des propriétés se rapprochant de celles du moteur série à courant continu, est assez avantageusement employé. Il peut développer un couple de démarrage puissant et il diminue sa vitesse quand le couple augmente. Avec les gros moteurs, il est possible d'atteindre un $\cos \varphi = 0,9$ pour la vitesse normale, mais au démarrage le facteur de puissance est faible.

Les *moteurs asynchrones triphasés* sont loin de posséder le couple de démarrage élevé et la souplesse du moteur à courant continu; en outre leur rendement n'est satisfaisant que pour d'assez faibles valeurs du glissement et le réglage de leur vitesse ne peut s'opérer que par l'insertion, dans le circuit du rotor, de résistances qui absorbent inutilement une quantité importante d'énergie. Il faut citer aussi les difficultés qui résultent de la nature des relations entre le couple, la vitesse et la résistance dans le circuit secondaire du moteur.

Ces considérations restreignent nécessairement les limites entre lesquelles on peut faire varier leur vitesse, et les rendent par suite moins aptes à la commande des appareils de levage que les moteurs à courant continu. Enfin, ils nécessitent l'emploi de lignes à trois fils, causant une complication du contrôleur et des connexions.

Comme le moteur shunt à courant continu, auquel les moteurs triphasés sont comparables, ces derniers donnent une vitesse de régime presque constante. En exagérant la valeur des résistances introduites dans le rotor, on peut atteindre le cas limite pour lequel le couple moteur est maximum (2 à 3 fois le couple normal), lors du démarrage. Tel est le cas des appareils de levage pour lesquels le couple résistant est toujours maximum au début du mouvement.

Les fréquences les plus employées dans la pratique sont de 50 et 42 périodes par seconde et parfois 25 périodes.

Pour éviter des courants trop intenses, au moment du démarrage, dans les moteurs à induits à bagues de quelque importance, il faut d'abord les arrêter et renverser la marche en se servant simultanément du rhéostat de démarrage et du rhéostat de réglage de la vitesse ou d'appareils combinant à la fois les deux genres de résistances.

La régulation du moteur série à courant continu s'obtient en intercalant en série une résistance très forte quand la

charge est faible et, en court-circuitant pour les hautes charges. On peut aussi disposer en parallèle avec l'excitation une résistance réglable. La régulation en série-parallèle ne donne pas lieu à une absorption d'énergie par les rhéostats.

Le réglage de la vitesse du moteur shunt, par la variation de tension aux bornes de l'induit, s'opère en intercalant des résistances variables dans le circuit de l'induit. Cette méthode est simple, mais peu économique, étant donnée la quantité d'énergie RI^2 , relativement considérable, perdue par effets Joule dans le rhéostat, ce dernier devant être calculé beaucoup plus largement que s'il ne devait servir qu'au démarrage du moteur, puisqu'il doit pouvoir rester d'une façon permanente en circuit sans atteindre une température dangereuse.

Le réglage de la vitesse par la variation du flux est naturellement beaucoup plus économique, puisqu'il porte sur une quantité d'énergie qui ne dépasse guère quelques pour cent de l'énergie totale absorbée par le moteur, qu'il soit petit ou grand. On obtient ce résultat dans un moteur shunt par l'insertion de résistances dans le circuit d'excitation, et dans le moteur série, par le montage d'un shunt variable, en dérivation aux bornes de l'inducteur. On peut encore l'obtenir plus économiquement en partageant les bobines inductrices en un certain nombre de groupes que l'on monte soit en série, soit en parallèle.

Dans le cas où l'on emploie deux moteurs pour la commande du même mouvement, il est très avantageux de faire usage du couplage série-parallèle. On sait que ce couplage consiste à monter les deux moteurs, d'abord en série et ensuite en parallèle. Aux faibles vitesses, les forces contre-électromotrices des deux moteurs couplés en séries ajoutent, ce qui permet de réduire les pertes par le rhéostat. Pour les vitesses comprises entre 50 et 100 0/0 de la vitesse normale, on groupe les moteurs en parallèle et on élimine progressivement le rhéostat intercalé dans leur circuit. Les contrôleurs permettent de réaliser ces manœuvres par le déplacement d'une seule manette.

Pour l'augmentation des vitesses des différents mouvements suivant la charge, le rapport de l'augmentation de vitesse à la diminution de la charge est environ de 3 pour la levée, de 2 pour le déplacement transversal et de 1,5 pour le déplacement longitudinal. Naturellement la vitesse à vide ne doit pas dépasser la limite de sécurité, surtout pour le moteur de levage, car la vitesse à la descente en charge peut être beaucoup plus grande que pendant la levée d'une charge très légère; dans ce cas, à moins d'un régulateur de vitesse de descente automatique, le conducteur de l'appareil serait seul chargé d'éviter un accident.

Les procédés de réglage des moteurs triphasés sont basés soit sur le couplage des moteurs d'induction, soit sur l'emploi de moteurs à nombre de pôles variable, mais ils ne permettent d'obtenir qu'un très petit nombre de vitesses et donnent lieu à des pertes importantes et à un facteur de puissance très faible.

Enfin le moteur d'induction ne permet pas d'obtenir à vide une vitesse déterminée autre que celle du synchronisme; la vitesse varie donc beaucoup avec la charge.

Le procédé du Dr Scherbius permet d'assurer aux installations à courant alternatif les qualités que possèdent celles à courant continu. Il remplace la résistance de réglage par un moteur polyphasé à collecteur branché sur les bagues du moteur d'induction principal, dont il reçoit l'énergie de glissement pour la transformer en énergie utilisable. L'avantage de cette disposition est d'offrir un réglage sans pertes. A cet avantage, le couplage en cascade en ajoute d'autres, avantage d'une vitesse constante indépendante de la charge, ou d'une

vitesse variable avec la charge, avantage de ramener à l'unité le facteur de puissance, même dans les gros moteurs à marche lente, et cela quelles que soient la vitesse et la charge.

Si le moteur à collecteur est un moteur série, le glissement du moteur principal croîtra avec la charge comme dans le cas des résistances insérées dans le circuit du rotor d'un moteur polyphasé ordinaire, puisque le champ inducteur de ce moteur à collecteur, et par suite sa force contre-électromotrice, croissent avec le courant d'excitation. Si le moteur à collecteur est un moteur shunt, sa force électromotrice restera constante et il en sera de même de la vitesse du moteur d'induction principal.

Le moteur triphasé à collecteur a son stator muni d'un enroulement compensateur en série avec le rotor, et par conséquent traversé par les courants provenant du rotor du moteur principal. Il en résulte que son fonctionnement est rendu complètement indépendant de la fréquence. Les forces électromotrices aux bornes sont proportionnelles aux champs inducteurs et en phase avec eux. Suivant que l'on utilise pour la production du champ une excitation série, dérivée ou compound, on obtiendra des forces électromotrices proportionnelles aux courants correspondants et il en résultera, pour le groupe, des propriétés différentes comme nous l'avons vu plus haut.

On sait que le principe de la **descente freinée** est de faire travailler le moteur en dynamo pour la descente des charges capables de s'abaisser par leur propre poids; l'énergie développée est dissipée dans un rhéostat.

On réalise ce freinage de plusieurs façons.

Une bonne méthode, qui détermine le freinage sur toute la longueur de chute de la charge, consiste à faire intervenir, dès le premier moment de descente freinée, une excitation étrangère fournie par le réseau à travers une résistance auxiliaire dite de « renforcement de champ ». La valeur de ce courant de renforcement d'excitation varie de 10 à 40 0/0 du courant de pleine charge, selon que le rendement mécanique de levage ne dépasse pas 75 0/0 ou est plus élevé.

On peut, d'une autre manière, réunir le circuit de freinage au réseau en deux points.

Dans le système Bergmann, le moteur, dont un des circuits est placé dans le circuit de freinage, possède un second enroulement de renforcement d'excitation; on a ainsi une dépense de courant plus faible pour l'excitation au début du freinage.

Pour éviter des surtensions sur les positions de « descente freinée », lorsque le freinage est effectué rapidement à partir d'une grande vitesse de descente, on calcule les résistances de freinage de façon à ce que la vitesse maximum à la descente ne dépasse pas, par exemple, 1,5 fois ou 2 fois la vitesse de levage. Ce calcul est facile, car le couple de la charge, étant connu, détermine l'intensité du courant; de cette valeur et de la résistance ohmique en jeu, on déduit la force électromotrice et, le champ étant connu, la vitesse du moteur. Inversement en donnant la vitesse, on peut calculer la résistance, de façon que cette vitesse ne dépasse pas une valeur donnée.

D'ailleurs, pour éviter la production d'une surtension de freinage, on peut employer un électro-frein série dont l'excitation se trouve annulée, lorsque la force électromotrice développée atteint la tension du réseau; le contrepoids de l'électro actionne alors, en tombant, un frein mécanique.

La limitation de la vitesse sur les plots de « descente sous courant » sur lesquels on peut atteindre, pour le crochet à vide ou sous faible charge, des vitesses doubles de la valeur de levage, n'est pas aussi facile à réaliser qu'en descente au freinage. Parfois même, les nécessités de l'exploitation

obligent à accélérer, sur les plots de descente sous courant, des charges suffisamment lourdes pour descendre par leur propre poids, qui peuvent ainsi atteindre des vitesses plus considérables. Si l'on revient à ce moment, d'une façon rapide, des plots de force aux plots de freinage, on produit un coup de frein extrêmement brutal, qui peut déterminer une surtension capable d'atteindre le double de la tension du réseau.

On ramène ces coups de frein à une valeur acceptable par l'emploi d'une résistance spéciale dite de « protection de freinage », dont la valeur ohmique est réglée pour des vitesses admises sur les plots de descente freinée ou de descente sous courant. Cette résistance n'est jamais court-circuitée, au contraire du rhéostat, lors du ralentissement.

L'A. E. G. divise cette résistance de protection en deux éléments identiques mis en parallèle tant que les plots de descente freinée ne sont pas franchis et connectés en série, dès que l'on revient des positions de descente sous courant au zéro. Cette mise en parallèle et en série sont automatiques et réalisées grâce à un deuxième cylindre parallèle au cylindre principal.

Un dernier mode employé en courant continu est la méthode du convertisseur Léonard, permettant une récupération de l'énergie de freinage.

Pour opérer le freinage avec des moteurs asynchrones, il est nécessaire de connecter le rotor pour l'ascension de la charge et d'affaiblir le couple du moteur en intercalant des résistances dans le rotor. Il est à craindre cependant que, par suite d'une égalité temporaire des deux couples antagonistes, le rotor ne se mette en mouvement dans le sens opposé à celui qu'il doit prendre. La maison Siemens-Schuckert obvie à cet inconvénient par l'emploi d'un frein spécial.

La plupart des moteurs destinés à la commande des appareils de levage sont complètement blindés; mais ils tendent naturellement à chauffer, étant donné qu'aucune circulation d'air ne les refroidit.

Si l'on veut éviter une surélévation de température dangereuse, il ne faudra donc demander à ce moteur qu'une fraction de la puissance qu'il pourrait fournir dans les mêmes conditions de service s'il était refroidi librement par le déplacement d'air provoqué par la rotation de l'induit.

La puissance d'un moteur complètement blindé n'est qu'une fraction variant de 40 à 75 0/0, de la puissance que peut développer, dans les mêmes conditions, un moteur de mêmes dimensions à circulation d'air libre. Un moteur blindé sera donc d'un prix de revient plus élevé que le moteur ouvert susceptible de fournir la même puissance.

Pour les appareils de levage travaillant à l'air libre, un blindage hermétique sera indispensable, dans le but de le préserver contre les intempéries.

On peut, dans les locaux où les poussières ne sont pas trop nombreuses, faire usage de moteurs mixtes, c'est-à-dire dont les trappes mobiles servant à la visite du moteur sont pourvues soit de volets, soit d'un grillage permettant une circulation d'air partielle à l'intérieur du moteur. Ce blindage partiel protège bien le moteur contre les chocs et permet au moteur de développer une puissance variant de 70 0/0 à 100 0/0 de celle qu'il pourrait développer en moteur ouvert, dans les mêmes conditions de service.

Pour permettre un choix facile des moteurs à employer, nous allons indiquer quelques formules déterminant leur puissance.

Dans le cas du *moteur de levage*, si nous désignons par :

- φ , le poids de la charge normale en kilogrammes,
- φ' , le poids de la chaîne ou du câble, y compris le poids du crochet et de la chape,

- v , la vitesse du levage en mètres par seconde,
- η , le rendement pour cent de l'ensemble de la transmission,

la puissance effective W en chevaux que devra fournir le moteur de levage sera :

$$W = \frac{(\varphi + \varphi')v}{\eta \times 75}$$

La valeur de η varie suivant la charge et le type d'appareil de 40 à 80 0/0.

Dans le cas du *moteur de translation du chariot d'un pont roulant*, si nous désignons par :

- φ , le poids de la charge normale en kilogrammes,
- φ' , — du chariot en kilogrammes,
- v , la vitesse de translation du chariot en mètres par seconde,
- f , le coefficient de frottement des galets sur les rails,
- η , le rendement de toute la transmission,

la puissance effective en chevaux du moteur sera :

$$W = \frac{(\varphi + \varphi')vf}{\eta \times 75}$$

Dans le cas du *moteur de translation d'un pont roulant*, si nous désignons par :

- φ , le poids de la charge normale en kilogrammes,
- φ' , — l'ensemble du chariot en kilogrammes,
- φ'' , — des poutres et des piliers en kilogrammes,
- v , la vitesse de translation en mètres par seconde,
- f , le coefficient de frottement des galets sur les rails,
- η , le rendement de toute la transmission,

la puissance effective en chevaux du moteur sera :

$$W = \frac{(Q + Q' + Q'')vf}{\eta \times 75}$$

η varie de 40 à 80 0/0, et f , de 0,010 à 0,015.

Si le pont doit se déplacer fréquemment et à de grandes vitesses, il y a lieu de tenir compte de l'énergie nécessitée par le démarrage :

$$\frac{1}{2} \frac{P + P^2 + P^3}{g} v_2,$$

ainsi que de la surélévation de température des moteurs. La puissance effective doit alors être augmentée de 15 à 25 0/0.

Dans le cas d'*orientation d'une grue fixe ou mobile*, si nous désignons par

- φ , le poids de la charge normale en kilogrammes,
- φ' , le poids de la flèche et de l'ensemble des parties tournantes en kilogrammes,
- v , la vitesse circonférentielle du crochet en mètres par seconde,
- f , le coefficient de frottement de la crapaudine,
- η , le rendement de la transmission,

la puissance effective du moteur en chevaux sera :

$$W = \frac{(\varphi + \varphi')vf}{\eta \times 75}$$

η varie de 35 à 65 0/0,
 f varie de 0,008 à 0,012.

Dans le cas d'un *moteur de translation d'une grue mobile*, si nous désignons par :

- φ , le poids de la charge normale en kilogrammes,
- φ' , — la grue en kilogrammes,
- φ'' , — du truc porteur en kilogrammes,
- v , la vitesse de translation en mètres par seconde,
- f , le coefficient de frottement des galets sur les rails,
- η , le rendement de la transmission,

la puissance effective du moteur sera :

$$W = \frac{(\varphi + \varphi' + \varphi'') \times v f}{p \times 75}$$

φ varie de 35 à 70 0, 0,
 f varie de 0,006 à 0,012.

Pour les grues se déplaçant à grande vitesse, il faudra augmenter W de 15 à 20 0/0.

La majoration de puissance effective du fait de l'élévation de température est très variable selon le travail demandé à l'appareil ; les règlements du « Verband deutscher Elektrotechniker » de Berlin définissent cette puissance comme étant celle que le moteur peut fournir sans interruption pendant une heure, sans que la surélévation de température des différentes parties dépasse les valeurs suivantes :

a) Enroulements en fils ou barres isolés :

Au coton.....	50° C.
Au papier.....	60° C.
Au mica, à l'amiante ou matières analogues ...	80° C.

Ces valeurs s'entendent pour les enroulements mobiles ; pour les enroulements fixes, on admet des valeurs respectivement supérieures de 10° C. aux précédentes.

b) Collecteur 60° C.

c) Pour les parties en fer, les valeurs dépendent de la nature de l'isolement des enroulements et sont les mêmes que celles indiquées en (a).

Le délai d'une heure est un délai moyen, mais que l'on peut prolonger dans le cas d'un service très chargé.

Lorsque les moteurs ne doivent travailler qu'à des intervalles très éloignés, tels que les moteurs de commande des ponts tournants, des ponts-levis, des treuils d'écluses, ou encore des moteurs de translation des grues portiques se déplaçant rarement, il y aura avantage à faire choix de moteurs susceptibles de fournir la puissance nécessaire sans surélévation de température anormale pendant trente ou quarante minutes seulement sans interruption. Cette règle pourra également être appliquée aux moteurs des grues ou des ponts roulants qui ne travaillent que très rarement à pleine charge, ainsi qu'aux moteurs de translation des chariots de ponts roulants à voie étroite ; dans ce dernier cas, en effet, la période de translation du chariot est relativement courte par rapport aux périodes de levage et de translation de l'ensemble du pont.

Pour un service normal, tel que celui des ponts roulants ou des grues d'ateliers et de fonderies, ou des grues-portiques, travaillant à des intervalles plus rapprochés que les appareils précédents, mais encore par intermittence, les moteurs essayés à pleine charge pendant une heure et dans la condition définie plus haut conviendront parfaitement.

Dans le cas d'un service plus chargé, par exemple lorsque l'appareil devra travailler toujours à pleine charge, il sera préférable, surtout si l'on emploie des moteurs à grande vitesse angulaire, de choisir ceux-ci de telle sorte que la puissance qu'ils devront développer à pleine charge soit à peu près égale à la puissance qu'ils pourront fournir sans surélévation de température anormale, au cours d'un essai ininterrompu d'une durée d'une heure et quart à une heure et demie, selon les cas.

Lorsqu'on a affaire à un service très chargé et quand, d'autre part, les manœuvres doivent être effectuées très rapidement, les moteurs, tant à grande qu'à faible vitesse angulaire, devront pouvoir fournir la puissance nécessaire sans surélévation de température anormale pendant une heure et demie sans interruption.

Pour les voltages à adopter pour l'alimentation des moteurs, les tensions de 110 et 220 volts conviennent pour les moteurs ramassés dans des locaux de dimensions ordinaires. Si les moteurs sont assez éloignés les uns des autres, on peut s'adresser à des moteurs de 440 et 550 volts, comme pour les moteurs de traction.

Appareils de commande. — Comme dans les appareils de levage, on utilise le plus souvent la réversibilité des moteurs électriques ; les démarreurs, controllers ou combinateurs sont agencés en vue de la marche dans les deux sens.

Lorsque le moteur commence à tourner, la force contre-électromotrice est très petite et il passerait, si l'on n'y prenait garde, un courant très intense dans l'induit ; pour y parer, on dispose, pour la mise en route, d'une résistance qui ensuite est mise peu à peu hors circuit. Cette résistance de démarrage qui se trouve en circuit doit être coupée lentement, petit à petit, et par contre, pour arrêter le moteur, on doit introduire rapidement toute cette résistance.

Pour les moteurs shunt, on doit disposer la résistance intercalée dans l'excitation, de façon que la coupure du circuit induit se fasse en même temps que celle de l'inducteur, par l'intermédiaire de la manette du démarreur ou automatique ; pour obtenir un bon démarrage, il est nécessaire que le champ soit fortement excité ; dans ce cas, aussitôt après la mise en circuit du moteur, l'enroulement inducteur doit se trouver fermé sur la tension totale, tandis qu'une résistance est intercalée dans le circuit de l'induit au démarrage. On construit des appareils réalisant ces deux effets à la fois.

Dans les moteurs triphasés, le changement de marche et le démarrage peuvent aussi s'effectuer à l'aide d'un seul levier. Celui-ci, par le basculement des touches de contact du changement de marche, transmet son mouvement en même temps aux contacts de frottement du système de démarrage. Ces appareils sont disposés de façon que, pour la position moyenne du levier de commande, les touches de contact du commutateur sont mises hors circuit. Il y a donc deux phases du stator qui ne reçoivent pas de courant, tandis que toutes les résistances se trouvent intercalées. C'est seulement lorsqu'on écarte le levier que le courant du stator se trouve fermé par la pression des touches de contact sur les ressorts dont elles sont munies. Ensuite, pour le déplacement du levier, on peut mettre progressivement les résistances hors circuit jusqu'au court-circuit des bagues de frottement et le levier règle aussi bien le sens de rotation que la vitesse du moteur.

Lors de la descente de la charge, pendant le temps qui est nécessaire au moteur-série pour l'établissement de l'excitation, la descente, si on n'y remédie, a lieu d'une façon saccadée qui peut mettre en danger aussi bien l'appareil de levage que la charge elle-même. A cet effet, on a recours à des controllers spéciaux qui permettent d'introduire une excitation complémentaire prise sur le réseau au début de la période de descente. Ces appareils sont différents, selon que la descente doit avoir lieu à allure lente et délicate ou à allure brusque, et selon que ces appareils sont actionnés par des mécanismes irréversibles, vis sans fin par exemple, pour lesquels les résistances passives permettent de supprimer l'excitation par le réseau.

La figure 66 donne les connexions d'un **controller pour grues d'ateliers de montage**, ou engins qui demandent une descente lente et régulière, un réglage parfait et un arrêt exact. Le controller est établi pour moteur série. Le frein d'arrêt, complètement indispensable du freinage électrique, est actionné par un électro-frein série.

Grâce à son faible nombre d'ampères-tours, l'électro-frein

série présente moins de flux rémanent que l'électro shunt et laisse tomber son contrepoids dès l'interruption du courant. Son fonctionnement est instantané et permet un arrêt exact de la charge, même pour des mouvements d'amplitude très petite. Il s'adapte particulièrement bien aux grues que nous examinons, à fonctionnement délicat et précis. Le contrepoids du frein n'est pas soulevé à la première position de descente du contrôleur, mais sous l'action d'un contact déterminé sur lequel le conducteur doit faire halte pendant un instant. Cet arrêt n'entraîne d'ailleurs aucune perte de temps, car c'est sur cette même touche du contrôleur qu'est établie l'excitation du moteur par le courant du réseau.

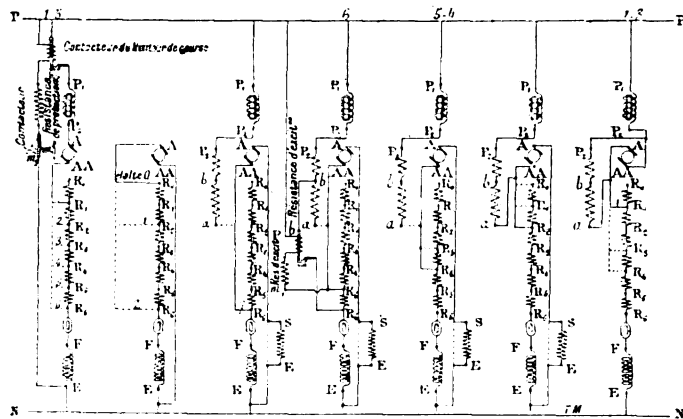


FIG. 66. — Combinateur pour manœuvres lentes.

A, AA, induit du moteur. — EF, excitation. — P_1P_2 , électrofrein série. — R_1R_2 , résistances. — P_2ba , résistance d'excitation. — ES, résistance de protection. — R_3R_4 , bobine de soufflage. — La connexion AA du frein est interrompue pendant le retour de la position « Descente en force » aux positions « Descente freinée ». — Le court-circuit de la résistance ES est interrompu pendant le retour de la position « Descente en force » à la position « Descente freinée ».

Les quelques explications qui suivent faciliteront la lecture de la figure 66.

Le levage s'effectue sur les positions « levage », de 1 à 6 : la descente des charges pour transmissions réversibles sur les positions « descente freinée » de 7 à 1.

La descente des charges faibles ou du crochet, qui ne peuvent d'elles-mêmes entraîner le moteur et les engrenages, exige l'emploi du courant ; nous désignerons les positions correspondantes sous le nom de « descente en force ».

Enfin, entre les positions « levage » et « descente freinée » se trouvent trois positions de « freinage à l'ascension », permettant d'arrêter le mouvement de l'induit qui suit le levage des charges faibles ou du crochet vide. Ces positions de freinage à la montée sont particulièrement utiles dans le cas de l'emploi de freins n'agissant qu'à la descente. Le freinage à la montée est alors possible seulement par la mise en court-circuit de l'induit, et les trois positions prévues sont toujours suffisantes, même avec des induits de grandes masses et pour de grandes vitesses. L'arrêt de l'induit est obtenu sans étincelles au collecteur.

Le contrepoids de l'électrofrein est soulevé sur la position « descente freinée », n° 6, en même temps que l'excitation fournie au moteur par le réseau est portée à sa valeur maximum par la mise en court-circuit du degré ba de la résistance P_2ba .

La rupture de ce court-circuit libère une quantité d'énergie considérable, occasionnant de fortes étincelles capables de détériorer rapidement les contacts du contrôleur. Pour éviter cet inconvénient, on réalise la rupture du court-circuit à l'extérieur du contrôleur au moyen d'un contacteur en série sur le circuit principal, excité en dérivation sur le réseau. Ce

contacteur met en court-circuit la résistance ba sur la position n° 6, mais reste inutilisé sur toutes les autres positions du contrôleur. Le courant d'excitation de l'électro du contacteur est d'environ 0,5 ampère.

Le courant d'excitation fourni au moteur par le réseau diminue à partir de la position 6, dès que la résistance P_2ba est mise en circuit tout entière. Malgré cette diminution de ses ampères-tours, l'électrofrein continue à maintenir son poids en équilibre, l'effort qu'il doit exercer étant évidemment de beaucoup inférieur à celui nécessaire pour l'attraction sur la position 6.

A l'inverse de ce qui se produit pour le mouvement d'ascension, la vitesse de descente croît avec les résistances en circuit. La vitesse de rotation de l'induit croît donc à partir de la position 6 jusqu'à la position 1, pour atteindre finalement sur cette position une valeur égale à une fois et demie la vitesse de levage. La vitesse est minimum sur la position 7 : l'induit est alors mis en court-circuit sur l'excitation sans l'intermédiaire d'aucune résistance ; cette position permet une descente très lente.

La principale caractéristique de ce contrôleur consiste en ce que pour toutes les positions de descente freinée, le moteur reste connecté au réseau, tandis que l'enroulement d'excitation et les diverses résistances employées sont en parallèle avec l'induit. L'électrofrein et la résistance P_2ba sont en série sur la ligne d'alimentation entre le moteur et le réseau.

La descente commence évidemment sur la position 6 lorsque l'électrofrein soulève son contrepoids. A ce moment, le courant d'excitation qui circule dans la résistance P_2ba est égal à environ 75 0/0 du courant de levage pour la marche à pleine charge. L'excitation tombe brusquement à 15 0/0 du courant de levage sur la position 5 et diminue ensuite de plus en plus jusqu'à la position 1. Lorsque la vitesse de l'induit est suffisante pour que la force contre-électromotrice du moteur équilibre la tension du réseau, aucun courant ne circule plus dans la résistance P_2ba ; le contrepoids du frein retombe et arrête immédiatement la charge. Dans ces conditions, si le conducteur fait marche arrière et passe à nouveau sur la position 6, le mouvement de descente ne se produit plus : la manette doit être ramenée à la position nulle pour repartir ensuite sur 7 et 6.

Le principal avantage de ce genre de contrôleur consiste en ce que la tension aux bornes de l'induit ne peut dépasser celle du réseau, pour laquelle est construit le moteur. La chute automatique du contrepoids de l'électro rend impossible une vitesse exagérée de descente.

Les positions existant dans certains contrôleurs entre celles de « descente freinée » et de « descente en force », qui permettent d'abaisser la charge sans recourir au courant du réseau, n'existent pas dans ces types. Les charges légères sont abaissées sur les positions « descente en force ». Pour pouvoir le faire avec une vitesse et une sécurité suffisantes, la résistance P_2ba est mise sur ces positions en parallèle avec l'induit ; l'excitation conserve ainsi une valeur toujours assez forte pour empêcher un emballement du moteur.

Pour la manœuvre des appareils de levage, il peut y avoir intérêt, dans certains cas, à utiliser des démarrages automatiques opérant l'actionnement des moteurs commandant les divers mouvements. A la mise en marche, ces appareils ont un double rôle à remplir : d'abord fermer l'interrupteur pour envoyer le courant dans le stator, puis supprimer successivement et lentement les résistances placées en série sur le rotor jusqu'à la mise en court-circuit de ce dernier ; à l'arrêt se présentent deux opérations également : ouverture de l'interrupteur du stator et suppression du court-circuit sur le stator. Il

faut en outre que tout soit mis en état pour une nouvelle mise en route. Ceci pour les moteurs triphasés. Quand il s'agit de moteurs à courant continu, on dispose un conjoncteur-disjoncteur ayant pour but de couper le courant dans l'électro-moteur. Puis une série d'électros, placés en dérivation sur l'induit du moteur, mettent en court-circuit les résistances de démarrage successivement et suivant l'accroissement de vitesse du moteur. Les électros sont réglés pour entrer en fonctions suivant les différentes valeurs de la tension.

On obtient, quand la résistance est judicieusement divisée, un démarrage d'une régularité remarquable.

Dans les appareils puissants pour courant continu, une bobine de soufflage magnétique a pour effet d'éteindre les étincelles qui naissent entre les frotteurs et les plots du cylindre du contrôleur.

Les **contrôleurs automatiques**, construits par la Société Westinghouse, consistent en une série d'interrupteurs fonctionnant électriquement et commandés par un manipulateur qui peut être placé à n'importe quelle distance du moteur et être actionnés, soit à la main, soit mécaniquement, par l'intermédiaire d'un dispositif automatique quelconque. Ces contrôleurs sont établis pour fonctionner sous des voltages de 110, 220 et 500 volts.

L'accélération des moteurs commandés par ces contrôleurs est automatique et dépend de l'intensité du courant absorbé par le moteur pendant la période d'accélération. La durée de cette période dépend de la charge : chaque interrupteur n'entre en service qu'au moment où l'intensité est tombée à une valeur déterminée, et correspond à une vitesse déterminée du moteur. Cette valeur est fixée par le couple que le moteur doit développer et les exigences de l'exploitation.

Les contacteurs sont verrouillés électriquement entre eux, de sorte que l'un d'entre eux ne peut se fermer avant celui qui le précède et avant que l'intensité du courant n'ait atteint la valeur fixée correspondant au couple de démarrage du moteur.

Quatre contacteurs sont employés pour inverser le sens de rotation du moteur, une paire pour chaque sens ; chaque paire est verrouillée par l'autre, pour éviter qu'elles fonctionnent en même temps.

Le système de commande est rhéostatique et peut être employé avec des moteurs à enroulement à excitation série, shunt ou compound. Les résistances peuvent servir au démarrage seul ou au fonctionnement du moteur à vitesse variable. Le nombre de divisions des résistances du rhéostat dépend entièrement du nombre d'interrupteurs qui peut être très variable, suivant le degré de régulation ou la douceur du démarrage qu'on veut obtenir. Dans des cas particuliers, le contrôleur peut être disposé pour fermer le circuit de l'induit sur une résistance, de façon à former frein dynamique.

Quand on veut **actionner les moteurs à distance**, à l'instar des ascenseurs électriques, on emploie deux relais qui envoient le courant dans l'induit en sens convenable en produisant l'arrêt brusque par sa mise en court-circuit. Des commutateurs de poste actionnent les relais, connectés de telle sorte que le courant ne passe que lorsqu'il y a concordance entre les postes. Ils sont manœuvrés à la main pour la mise en marche et automatiquement par la benne pour l'arrêt. L'appareil a aussi pour effet d'introduire ou de supprimer la résistance de démarrage.

Les **contrôleurs inverseurs sont automatiques** et peuvent être commandés par des régulateurs de pression hydrauliques, des flotteurs et autres dispositifs mécaniques. Ils peuvent être employés pour des ascenseurs, des élévateurs à godets, convoyeurs et appareils similaires, et avec n'importe quel

appareil irréversible qui doit être démarré automatiquement et dont on veut pouvoir faire varier la vitesse automatiquement. Le manipulateur peut être placé à n'importe quelle distance du moteur et l'on peut les arranger de façon à arrêter le moteur au moyen d'un bouton de contact ou de petits interrupteurs placés à des endroits convenables.

Pour les puissants engins de levage, il y a lieu d'employer des contrôleurs très robustes pouvant donner une accélération automatique des moteurs. Pour ce service on emploie habituellement un contrôleur réversible avec un côté de la résistance connecté en permanence à la ligne. Le manipulateur peut être placé en n'importe quel endroit approprié.

L'Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft (Berlin) a introduit, au printemps de 1910, dans la construction de ses **contrôleurs de déplacement pour grues**, des doigts articulés avec pièces de contact amovibles et des cylindres constitués par un tube de fer recouvert de matière isolante, qui ont donné d'excellents résultats. Partant de ces résultats, elle a été amenée à munir maintenant de ces mêmes pièces, dans la même exécution, les contrôleurs de levage munis d'un dispositif de freinage à la descente.

Dans le cas de grues soumises à un régime forcé, pour le transport de grandes quantités de matériaux, en particulier dans les services de forges où la rapidité de la production nécessite une mise en marche très rapide, il était impossible d'éviter, avec les anciens contrôleurs à freinage, à la descente une usure très rapide des contacts et une production d'étincelles très nuisibles sur le collecteur. On a cherché à y remédier en compoundant le moteur, mais sans qu'il soit possible d'éviter une très notable augmentation de la vitesse lors de la descente de lourdes charges, tandis que la descente des faibles charges ou du crochet vide, qui se produit le plus fréquemment, était effectuée à une vitesse inutilement très réduite.

Indépendamment de la diminution de la capacité de travail de la grue qui en résulte et qui est loin d'être négligeable, le moteur compound, de construction spéciale, introduit une augmentation préjudiciable des pièces de réserve nécessaires.

Ces raisons ont déterminé l'Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft à employer, dans ses nouveaux types d'équipement de grues, le moteur série absolument normal et à utiliser complètement l'augmentation de vitesse qu'il permet d'obtenir. Le nouveau système de connexion permet d'obtenir que la force du freinage électrique soit limitée à une valeur encore admissible pour le contrôleur et pour le collecteur du moteur, lorsque l'on coupe le courant à une vitesse de descente atteignant deux ou trois fois la vitesse normale ; il en résulte que le frein mécanique qui fonctionne à la position de zéro pour

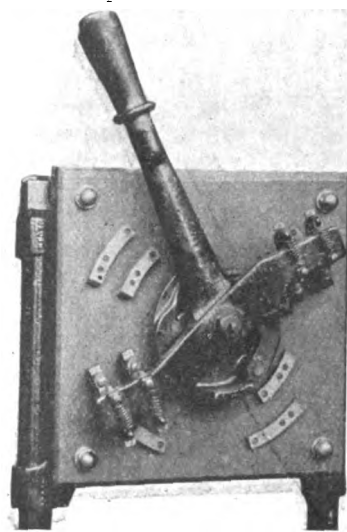


FIG. 67. — Manipulateur de commande d'un contrôleur Westinghouse type A à contacteur.

arrêter les masses en mouvement doit agir plus énergiquement. Pour obtenir ce résultat, on se sert d'une résistance de protection du freinage; c'est une résistance ordinaire qui, contrairement à ce qui se passe pour les résistances de démarrage, n'est pas mise en court-circuit lors du ralentissement; sa résistance ohmique est réglée d'après la vitesse qui ne doit pas être dépassée lorsque le contrôleur est aux positions « descente freinage » ou « descente force ».

Il faut pouvoir graduer doucement la vitesse dans le cas de descente de poids lourds et également obtenir de faibles vitesses; à cet effet, le nombre d'ohms en circuit de la résistance de protection, lorsqu'on passe de la position de zéro aux positions de freinage, n'est que le quart de celui qui est en circuit lorsqu'on revient des positions « descente force » aux positions « descente freinage ».

La commande universelle de l'A. E. G. permet de réduire à un minimum le nombre de leviers de manœuvre. La chose a lieu de la manière suivante :

Deux coupleurs sont montés l'un à côté de l'autre, de telle façon que leurs rouleaux soient verticaux et parallèles. Les bouts d'arbres sont ensuite reliés l'un à l'autre, de telle façon qu'à l'aide d'un seul levier, on puisse manœuvrer chaque coupleur séparément ou les deux en même temps dans la direction que l'on veut. De plus, on dispose le levier universel de telle manière que son déplacement ait lieu exactement dans le même sens que le déplacement de la charge. Par ce moyen, le service est simplifié et le mécanicien est beaucoup plus libre de ses mouvements.

Il est de la plus haute importance de bien choisir le genre de coupleurs que l'on destine à être réunis par une commande universelle.

Dans les grues pivotantes, on combine les coupleurs de levage et de giration; le levier universel est horizontal.

Si la grue est transportable électriquement, le moteur de marche peut être commandé à l'aide d'un coupleur spécial, avec manivelle ou levier vertical. Si le moteur de marche a à peu près la même puissance que le moteur de giration, on peut, étant donné que, pendant la marche de déplacement de la grue, les autres mouvements sont au repos, utiliser le coupleur de giration comme coupleur de marche, moyennant l'emploi d'un commutateur multipolaire.

Pour les ponts roulants, on combine les coupleurs suivant

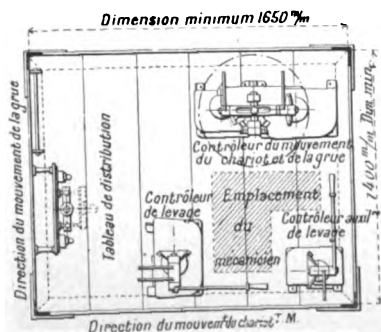


Fig. 68.

la disposition de la commande électrique. Le pont roulant normal à trois moteurs possède une commande universelle avec levier vertical pour le coupleur d'avancement et le coupleur du chariot, tandis que le coupleur de levage est à commande individuelle avec levier horizontal. Pour le pont roulant avec appareil de levage auxiliaire, c'est-à-dire à

quatre moteurs, on réunit également les deux coupleurs de marche par un levier universel vertical, et on munit aussi bien le coupleur de levage principal que le coupleur de levage auxiliaire d'une commande individuelle par levier horizontal. La figure 68 indique clairement la disposition la plus commode des coupleurs dans la cabine du mécanicien.

Sur les ponts roulants à deux chariots et cinq moteurs, les coupleurs de marche ne sont plus combinés, mais le cou-

pleur de levage de chaque chariot est réuni au coupleur du chariot correspondant par une commande universelle avec

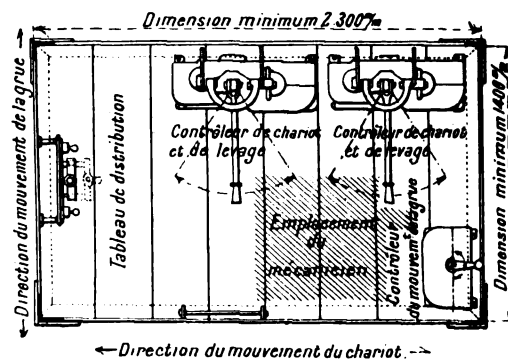


Fig. 69.

levier horizontal (fig. 69). Cette disposition permet de manœuvrer à la fois avec les deux chariots aussi facilement qu'avec un seul; c'est là un avantage qui est particulièrement précieux pour les ponts roulants de locomotives et autres semblables. Le coupleur de marche est muni d'une manivelle ou d'un volant à main, afin de restreindre autant que possible la largeur de la cabine du conducteur.

Le fonctionnement d'une grue à tenaille à quatre moteurs conduit à la combinaison du coupleur de levage avec le coupleur de giration de la tenaille, au moyen d'une commande universelle avec levier horizontal, ainsi qu'à la réunion des coupleurs d'avancement du chariot et de marche par un levier vertical.

Avec les machines de chargement de construction spéciale servant à la charge de fours tels que les fours Martin, il est nécessaire d'effectuer les quatre mouvements suivants :

- 1° Marche de la machine parallèlement aux portes du four;
- 2° Levage de la patte à bascule jusqu'à la hauteur exacte de l'ouverture du four;
- 3° Introduction de la jatte dans les fours Martin;
- 4° Rotation de la jatte et déversement du contenu dans le four.

Dans ce cas, on réunit les quatre coupleurs deux à deux au moyen d'un levier universel vertical de la façon suivante : le conducteur dirige les mouvements 1 et 2 avec le levier de gauche, il passe par suite devant les fours Martin et soulève en même temps la jatte assez haut pour que la pointe se trouve directement devant l'ouverture du four. Ensuite il pousse le levier de droite en avant, la jatte pénètre dans le four et se déverse; suivant qu'il pousse le levier à gauche ou à droite, le contenu de la jatte se déverse à gauche ou à droite. On conçoit qu'avec une telle disposition, les manœuvres s'accomplissent successivement d'une façon naturelle; le conducteur tient constamment son levier dans la main et suit sans interruption le mouvement de la jatte, sans se laisser distraire par un changement du levier de manœuvre. Comme les mouvements du levier universel indiquent directement la direction que l'on veut donner à la jatte, la manœuvre de ces sortes de machines est tellement simple qu'elle peut être confiée aux ouvriers les plus inexpérimentés, qui s'en servent bientôt avec une sûreté surprenante.

Pour les engins de levage d'une autre catégorie, le genre de commande doit être choisi pour se conformer rationnellement au travail que l'appareil doit exécuter. La valeur de la commande universelle croît évidemment avec le nombre de moteurs. Ceci se conçoit quand on considère qu'il suffit de trois leviers de manœuvre avec un commutateur multipolaire

pour un pont de chargement avec chariot auxiliaire pour le transport des lingots, qui exige sept moteurs.

On peut avoir à assurer le service d'installation de levage, en n'actionnant que séparément les moteurs des divers mouvements pour ne pas compromettre la sécurité. Dans ce cas, il suffit pour la commande des différents moteurs, d'une dynamo dite de manœuvre ou de démarrage.

La figure 70 montre un tel appareil de couplage avec lequel on peut, au moyen d'un seul levier, gouverner trois moteurs m_1, m_2, m_3 par la dynamo de manœuvre g . Un chevalet de manœuvre muni d'un levier h est pourvu de trois fentes s_1, s_2, s_3 . Lorsqu'on dirige le levier dans les

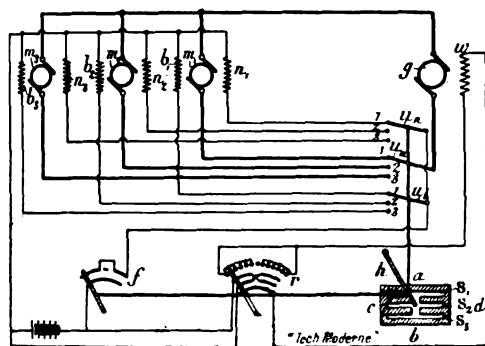


FIG. 70.

aux fentes, on fait mouvoir en même temps un commutateur u_m qui couple la dynamo de manœuvre en même temps sur l'un des trois moteurs, suivant la position du levier. Ce mouvement n'est possible que lorsque le levier se trouve dans sa position moyenne, c'est-à-dire quand les moteurs sont à l'état de repos. Par le mouvement du levier dans la direction de c ou de d , on produit, au moyen d'un rhéostat de réglage r , le réglage de l'intensité du champ ω de la dynamo de manœuvre. En même temps que le commutateur u_m , on peut, pour économiser de l'énergie, mettre en activité un deuxième appareil de couplage u_n , qui coupe le courant dans les enroulements d'excitation n des moteurs en état de repos et met en circuit celui du moteur à faire démarrer. On peut relier en outre avec le levier de manœuvre, des interrupteurs pour d'autres circuits auxiliaires (par exemple des électros de frein ou des signaux) qui font partie des machines actionnées par les différents moteurs; cette liaison étant telle que par le mouvement du levier de manœuvre dans le sens ab la commutation ait lieu par le commutateur u_b sur les différents circuits auxiliaires, tandis que, par le mouvement dans l'une des fentes, le circuit correspondant est fermé par l'interrupteur f .

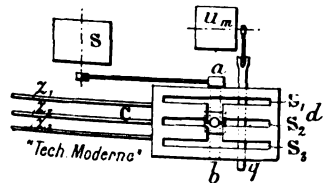


FIG. 72.

Une forme d'exécution de l'assemblage du levier de manœuvre ou du chevalet de manœuvre avec le rhéostat de réglage r et les différents commutateurs, est représentée en vue et en plan sur les figures 71 et 72. Dans le mouvement dirigé dans le sens ab , le levier h tourne autour de l'axe k , pendant ce temps la tige q est mue par le disque p ; sur cette tige est raccordé le levier des commutateurs u_m, u_n et u_b . Aux

trois fentes du chevalet de manœuvre correspondent trois positions du levier de couplage h , dans lesquelles chacun des trois moteurs est relié avec l'induit de la dynamo de manœuvre g , tandis que l'enroulement inducteur n correspondant et le circuit auxiliaire b sont en circuit. Lorsqu'on déplace le levier h dans la direction cd , il tourne autour de l'axe k et déplace la manivelle i au moyen d'une tige. Le levier de l'appareil de manœuvre s est raccordé d'une façon rigide à cette manivelle, lequel appareil contient le rhéostat de réglage r faisant varier l'excitation et la tension de la dynamo de manœuvre, ainsi que l'interrupteur f du circuit auxiliaire.

On peut en outre rattacher le levier de manœuvre h à des appareils qui, suivant le mouvement des machines actionnées par les différents moteurs, limitent la course du levier ou le font revenir automatiquement à sa position de zéro. Sur les figures 70, 71 et 72, par exemple, on a représenté l'assemblage du levier de manœuvre avec un appareil de sûreté pour machines d'extraction. La poulie p en deux pièces reliées au levier de manœuvre embrasse en forme de pinces, suivant la position du levier de manœuvre, un des leviers g_1, g_2, g_3 , qui sont montés sur l'axe k et sont raccordés à l'appareil de sûreté au moyen des tiges z_1, z_2, z_3 . Un curseur t se déplace le long de la tige filetée v de l'appareil de sûreté, par suite de la rotation qui lui est imprimée par l'arbre de la machine d'extraction; en gravissant la rampe, le curseur t ramène le levier de manœuvre à sa position de zéro au moyen du levier coudé e et des tiges z .

Grâce au dispositif en question, on peut obtenir une compensation de charge très favorable, étant donné que, par la marche successive des moteurs, la puissance maximum de la dynamo de manœuvre ne peut jamais dépasser l'énergie nécessaire à la commande d'un seul de ces moteurs et en même temps les pauses de la dynamo de manœuvre sont très amoindries.

Les frais d'exploitation sont aussi considérablement diminués, par suite de la limite imposée à la dépense à vide de la dynamo de manœuvre.

Électro-aimants pour le levage des fardeaux (1). — La mécanique moderne a utilisé cet appareil, à la fois simple, robuste et d'une souplesse et d'une précision remarquables, et avantageuse pour la production de mouvements automatiques.

L'énergie fournie à l'électro-aimant pendant sa période d'établissement du courant est convertie, d'une part, en effet Joule et, d'autre part, en une certaine quantité d'énergie, laquelle crée son aimantation temporaire et est proportionnelle au carré des ampères-tours et à la perméance du circuit.

La force qui maintient l'armature appliquée contre la culasse est ce qu'on appelle sa force portante. Sa valeur est déterminée par la formule :

$$(1) \quad F = \frac{B^2 S}{8\pi},$$

dans laquelle B représente l'induction et S la section géométrique de l'entrefer. Dans l'état actuel de la fabrication des aciers doux, on est conduit à adopter comme valeur optimum une induction de l'ordre de 16.000 gauss, à laquelle correspond, d'après la formule (1), une force portante de 10 kilogrammes par centimètre, soit de 100 tonnes par mètre carré.

L'usage de l'électro-aimant commence à se répandre dans les appareils de levage, treuils de ponts roulants, palans de grues, grues pour la métallurgie, etc. L'électro étant excité

(1) Voir : Manutention dans les usines métallurgiques, page 151.

par le passage du courant, la pièce à soulever faisant fonction d'armature, adhère aux pôles et on peut la soulever et la déplacer.

Les principales applications⁽¹⁾ sont la manutention des gueuses et des lingots, celle des ferrailles, rognures, tournures, etc. ; celle des produits relevés, rails, barres, tôles, etc. Elles peuvent se faire ordinairement au moyen des mêmes électro-aimants ; le type à cloche convient pour la généralité des usages ; cependant, lorsque l'on ne doit manipuler que des produits achevés, il vaut mieux employer des électro-

aimants en fer à cheval simple ou multiple dont le poids est moindre à égalité de force portante.

Cette dernière est d'autant plus intense que les places de contact entre la pièce et les pôles sont plus étendues.

Lorsque l'on a à lever des pièces affectant des formes courbes ou accidentées, comme des fers ronds, des profilés, l'adhérence s'établit difficilement avec un électro à sections planes. On a recours dans ce cas à un électro-aimant multipolaire à pièces polaires déformables. Aussi, le circuit magnétique est constitué par un ensemble de plaques minces de fer doux découpées en saillies formant denture. Ces plaques ne sont point assemblées ; elles reposent par leurs extrémités sur le bâti de l'appareil et d'autre part leurs dents s'engagent librement dans les espaces compris entre les enroulements magnétisants. Lorsqu'on applique l'appareil

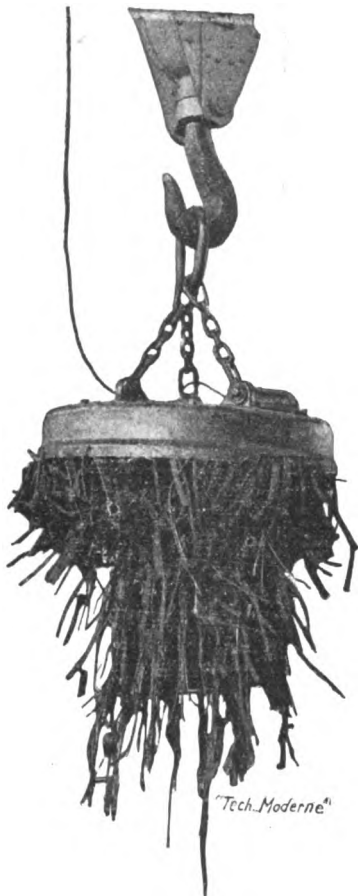


FIG. 73. — Électro-aimant de levage.

sur un objet de forme irrégulière, les plaques se déplacent les unes par rapport aux autres et se disposent d'elles-mêmes, de manière que leurs extrémités épousent dans l'ensemble la forme de l'objet. Pour éviter en cours de levage la dislocation du circuit magnétique, il importe que toutes les plaques contribuent également à l'effort portant. Ceci exige que le bloc magnétique puisse prendre toutes inclinaisons possibles, de manière à s'adapter, sans réaction, au profil plus ou moins incliné de la surface en prise. Le bâti qui supporte l'électro est suspendu à la cardan à l'anneau de levage.

Pour développer un effort de 4 à 5 tonnes, l'appareil consomme 4 kilowatts environ, soit 1 kilowatt par tonne portante.

Les résultats suivants ont été obtenus dans les ateliers de construction de locomotives Henschel et fils, de Cassel, au moyen d'un électro-aimant de levage de fabrication nouvelle, caractérisé par l'emploi d'un enroulement en fil de cuivre émaillé.

Charge levée : Tôles : deux pesant ensemble 900 kilo-

grammes ou quatre pesant 911 kilogrammes ; mitrailles : 1^{er} essai, 224 kilogrammes ; 2^e essai, 193 kilogrammes ; lingots, 230 kilogrammes ; bloc massif, 540 kilogrammes.

Dans les quatre expériences, le courant absorbé était de 4 ampères sous 220 volts et l'électro-aimant était du modèle de 750 millimètres de diamètre, 250 millimètres de hauteur et il pesait environ 900 kilogrammes.

Voici, d'après les constructeurs, les caractéristiques de leurs différents modèles ronds :

Dimensions extérieures en millimètres :

Diamètre	350	500	650	750	900	1300	1500
Hauteur.....	230	230	250	250	300	300	350

Force portante en kilogrammes :

Blocs.....	500	2000	4500	6500	8500	12000	18000
Gueuses	100	250	350	400	500	800	1200
Mitrailles	60	130	200	230	330	550	700
Rognures.....	40	80	130	150	250	400	600
Tôles de chaudières							
5 mm. d'épaisseur.	200	600	800	900	1200	2000	3000
10 —	220	1000	1200	1400	1800	3000	4500
25 —	300	1500	2800	3200	4000	6000	8000
Puissance absorbée kw	0,2	0,3	0,6	0,8	1,5	2	3
Poids de l'électro-aimant kg	100	350	460	800	980	1650	1900

Pour les modèles rectangulaires, les caractéristiques sont les suivantes :

Longueur en millimètres...	300	500	700	900	1200	1500
Force portante (blocs) kg..	500	900	1300	1800	2400	3000
Puissance absorbée kw.....	0,22	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
Poids kg.....	80	125	180	240	335	400

Les chiffres donnés pour la force portante doivent être réduits à : 1/2 pour des tôles, 1/4 pour des rails, 1/8 pour des gueuses, 1/10 à 1/12 pour des mitrailles et 1/12 à 1/15 pour des rognures.

De récentes expériences ont fait voir que l'on peut sans inconvénient appliquer les électro-aimants au levage de blocs à des températures variant de 200 à 250° ; jusqu'à 400° la force portante reste bonne ; mais elle diminue brusquement vers 420°⁽¹⁾.

Aux hauts fourneaux de Lübeck et aux établissements Stumm de Hennkerchen, des expériences effectuées sur un pont roulant pour l'enlèvement des gueuses ont fait constater qu'il est facile avec un appareil ainsi équipé de charger 35 tonnes dans un délai de une heure et quart au lieu de deux heures.

Pour la manutention des ferrailles dans une aciérie allemande, l'Acierie Martin de Riesa, la dépense de chargement des auges était de 37,5 par tonne de métal produit : une grue à électro-aimant ayant été installée, cette dépense a été réduite à 16 centimes, se décomposant ainsi qu'il suit pour une production de 3.800 tonnes par mois :

Salaires	37,25
Intérêt et amortissement du capital de première installation (37.500 francs).....	12,5
Dépense d'énergie électrique.....	0,25

La dépense totale de manutention, qui atteignait autrefois 102,5 et même 125 centimes (en temps de neige par tonne, a été abaissée à 72,5 ; bien que l'électro-aimant ne soit encore employé, faute de place, que pour les ferrailles, l'économie mensuelle est de 1.250 francs approximativement.

(1) Voir : Manutention dans les usines métallurgiques, page 151.

(1) C. MICHENFELDER, *Zeitschrift des Vereines deutschen Ingenieure*, 20 et 27 mai 1911.

ASCENSEURS

Dispositions générales d'un ascenseur. — Aujourd'hui, dans l'aménagement de la maison moderne, l'ascenseur joue un rôle prépondérant. Comme cet appareil est destiné à être mis à la disposition de personnes inexpérimentées et souvent imprudentes, il convient qu'il soit pourvu de tous les appareils de sécurité indispensables, sinon son propriétaire peut encourir une responsabilité pénale et pécuniaire qui peut être considérable.

La cabine, faite généralement pour donner place au moins à deux ou trois personnes, est munie d'une porte à deux battants ou à coulisse ; pour passer de la cabine sur le palier ou réciproquement, il faut ouvrir une porte, dite porte palière.

Dans les ascenseurs avec manœuvre à corde, celle-ci traverse la cabine de haut en bas ; on tire sur cette corde généralement dans le sens de la montée ou de la descente, suivant que l'on veut faire monter ou descendre la cabine. Dans les ascenseurs à manœuvre électrique, des boutons sont disposés dans la cabine ; il suffit de les pousser pour produire l'un des deux effets ci-dessus indiqués.

Dans les deux cas, les arrêts aux différents étages se font automatiquement ; à cet effet, dans la cabine se trouvent des boutons poussoirs correspondant à chacun des étages que l'on veut atteindre, ou un cadran sur lequel des numéros apparaissent. Les organes en correspondance avec les boutons agissent soit sur la corde de manœuvre, soit sur des contacts électriques interrompant le courant. Dans ce dernier cas, les boutons poussoirs d'arrêts automatiques aux étages servent quelquefois de boutons de mise en marche, et le bouton poussoir qui remplit cette double fonction revient à sa position première dès que l'on cesse d'appuyer dessus. Souvent aussi on trouve dans la cabine un bouton de descente et un bouton de sonnerie d'appel, qui sert à actionner une sonnerie installée dans la loge du concierge et le prévient si un arrêt intempestif immobilise la cabine entre deux étages.

Comme **mesure de sécurité**, les portes palières sont munies de serrures à condamnation, c'est-à-dire de serrures disposées de manière qu'on ne puisse ouvrir ces portes qu'autant que la cabine se trouve arrêtée à l'étage. Un ressort assez puissant doit assurer la fermeture automatique de la porte palière dès que la personne qui est sortie de la cabine l'a lâchée, afin de parer à la négligence du voyageur qui oublierait de refermer cette porte.

Il importe également pour la sécurité que l'on ne puisse rappeler la cabine arrêtée à un étage, tant que la porte palière de cet étage n'a pas été refermée, et enfin qu'on ne puisse mettre en mouvement la cabine si une porte palière est restée ouverte ou simplement poussée sans que sa fermeture soit réelle.

La condamnation des portes palières est le mieux assurée par la manœuvre électrique dite à « blocage », car elle permet en outre d'empêcher toute mise en marche de la cabine, si on n'a préalablement fermé ses portes et de provoquer l'arrêt immédiat de cette cabine, si, pendant son mouvement, on ouvre soit une porte palière, soit la porte de la cabine.

Au point de vue des mesures de sécurité, il faut encore disposer à chaque extrémité de la course un arrêt automatique, dit fin de course, qui, agissant sur le mécanisme moteur, l'arrête avant que celui-ci puisse dépasser les points limites de son parcours.

Ascenseurs hydrauliques

Classification et modes de fonctionnement des ascenseurs hydrauliques. — Ce type d'ascenseur est le premier qui ait été généralisé en France. On distingue les ascenseurs à basse pression, à haute pression, à haute et à basse pression à la fois, et suivant leur mode d'équilibrage, en ascenseurs à puits sans équilibrage, ascenseurs à puits avec équilibrage inférieur par compensateur, ascenseurs à puits avec équilibrage supérieur, ascenseurs sans puits avec presse verticale alésée, ascenseurs sans puits avec presse verticale et piston plongeur et ascenseurs sans puits avec presse horizontale alésée.

Dans les **ascenseurs à puits sans équilibrage**, les organes moteurs se réduisent à un cylindre logé dans le sol et à un piston portant la cabine.

La manœuvre la plus généralement adoptée dans ce cas est la manœuvre électrique à un bouton par étage. Il suffit d'appuyer sur un bouton pour que la cabine se rende immédiatement à l'étage correspondant, quel que soit le sens de marche nécessaire et quel que soit le niveau où ait été faite la manœuvre. Un organe élastique, placé à la tête du cylindre, limite à un maximum connu la pression intérieure et produit l'arrêt en haut de la course, en cas de dérèglement de la manœuvre.

Ce genre d'appareil, qui ne comporte pas d'équilibrage des poids morts, peut être appliqué à de puissants monte-charges lorsqu'on dispose d'eau à haute pression et à prix réduit.

Dans le cas de service intense, il est nécessaire d'équilibrer en partie les poids morts de la cabine et du piston, de façon à réduire la dépense d'eau ; le compensateur employé à cet effet est une sorte d'accumulateur hydraulique dont les contrepoids d'équilibrage s'ajoutent à l'action de la pression motrice lorsque la cabine monte ; à la descente les poids morts de la cabine et du piston remontent les contrepoids. Ce type d'appareil convient aux plus fortes charges et aux plus grandes vitesses. Les arrêts aux étages se font à

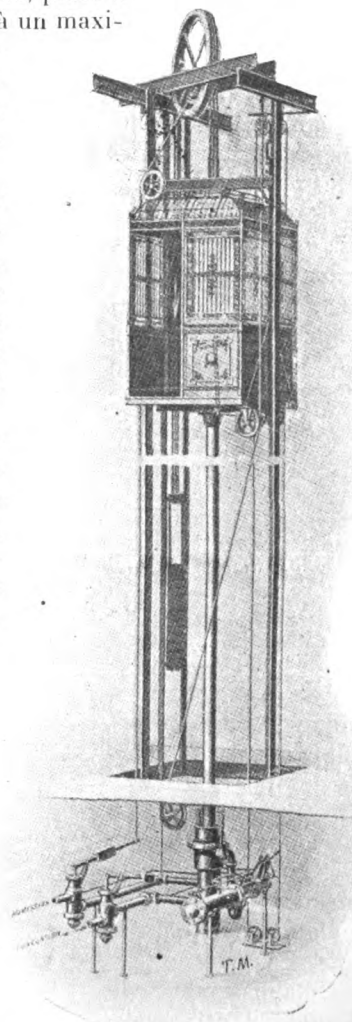


FIG 74. — Ascenseur hydraulique à puits avec équilibrage supérieur. (Construction Abel Pifre.)

la main à l'aide de cordes. Dans les cas de vitesse moyenne, on peut employer la manœuvre à cordes avec arrêts automatiques à tous les étages ou une manœuvre électrique.

L'ascenseur à puits, avec équilibrage supérieur (fig. 74), convient parfaitement aux grandes courses, grandes vitesses

et fortes charges. La dépense d'eau est réduite au minimum par un équilibrage parfait du déplacement du piston et de la plus grande partie des poids morts. La manœuvre à levier, qui est très pratique, commande des freins spéciaux agissant sur le piston et sur les guidages des contrepoids, de façon à éviter le balancement de la cabine à l'arrêt. Les câbles de suspension et d'équilibrage peuvent être placés sur les côtés de la cabine, de façon à être dissimulés par les guidages. Un dispositif spécial de cordes et de poulies portées par la cabine assure le ralentissement en haut et en bas de course en cas de négligence du conducteur ou d'accident aux appareils de distribution. Dans le cas de vitesse moyenne, on peut employer une manœuvre électrique avec arrêts automatiques aux étages.

L'ascenseur sans puits, avec presse verticale alésée s'adapte aux plus faibles, comme aux plus fortes pressions; il permet les plus fortes charges, les plus grandes courses et les plus grandes vitesses.

Le rapport du mouflage peut varier de 1/2 à 1/8. La presse mouflée peut être facilement logée dans une courette, dans une gaine ou même dans la trémie de l'ascenseur. La manœuvre à levier, qui permet des vitesses variables au gré du conducteur, est celle qui convient le mieux pour un puissant ascenseur de ce genre, à grande vitesse. Il est possible toutefois, dans le cas de vitesse moyenne (0^m,20 à 0^m,50), d'employer une manœuvre à cordes ou une manœuvre électrique avec arrêts automatiques à tous les étages. Le prix de premier établissement de cet appareil est modique; il est très économique d'exploitation et très facile à entretenir.

Dans les **ascenseurs sans puits avec presse verticale à piston plongeur** (fig. 75), c'est le poids du piston qui produit l'ascension de la cabine et refoule l'eau du cylindre dans un réservoir à décharge, généralement placé à la partie supérieure de l'immeuble.

L'eau sous pression motrice est admise sous le piston pour produire la descente de la cabine. Le cylindre et le piston peuvent être logés dans une courette, dans une gaine ou dans la trémie même de l'ascenseur. Les organes moteurs peuvent être inversés et le cylindre placé au-dessus du piston; ce dernier dispositif convient au cas de hautes pressions fournies par des accumulateurs hydrauliques, alors que le précédent s'applique de préférence aux pressions moyennes, pour lesquelles un simple réservoir à air est suffisant.

La **presse horizontale alésée** trouve son application quand le mécanisme moteur ne peut être placé qu'en sous-sol. Au point de vue de la sécurité de la vitesse, elle est en tous points équivalente à la presse verticale. Le rapport du mouflage peut varier de 1/2 à 1/12 et l'encombrement de la presse est d'autant plus réduit que le nombre de brins est plus grand. La manœuvre la plus généralement employée, avec ce type d'appareil, est celle à levier; mais il est possible, dans le cas de vitesse moyenne, d'installer une manœuvre à cordes ou une manœuvre électrique. Lorsque plusieurs ascenseurs sont placés côte à côte, les mécanismes moteurs peuvent être superposés, de façon à n'occuper en plan que l'emplacement d'un seul.

On peut alimenter ce type d'ascenseur par une pompe et un réservoir de pression. La pompe refoule l'eau dans un réservoir clos contenant de l'air qui régularise la pression. Sa mise en marche et son arrêt sont commandés automatiquement par un dispositif de valve équilibrée, mise en jeu par les variations de pression du réservoir. L'évacuation de l'eau ayant servi à une cylindrée de la presse se fait dans une bache à l'air libre placée, soit en sous-sol, soit à la partie supérieure de l'immeuble. La pompe reprend l'eau d'évacuation dans cette bache pour la refouler dans le réservoir de pression, de sorte que la même eau sert indéfiniment et qu'il est seulement nécessaire de récupérer les fuites. Il est

possible de remplacer le réservoir de pression par un accumulateur hydraulique dont les déplacements commandent la valve d'admission du fluide moteur (vapeur ou air comprimé) à la pompe.

Quand plusieurs ascenseurs ou monte-charges sont instal-

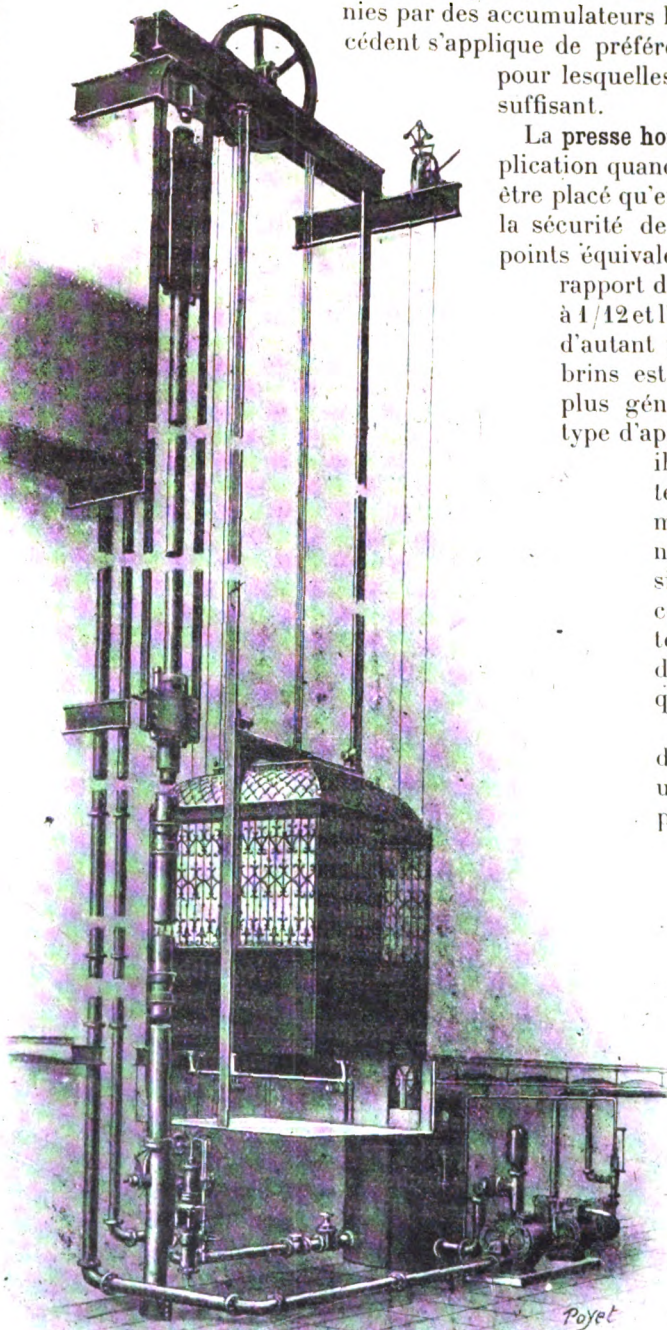


FIG. 75. — Ascenseur hydraulique sans puits, avec presse verticale à piston plongeur. Manœuvre à levier. (Construction Abel Pifre.)

lés dans un même immeuble, comme dans le cas des hôpitaux, établissements de crédits, magasins, gares, hôtels à voyageurs, etc., il est souvent économique d'installer des ascenseurs hydrauliques avec alimentation centrale. L'eau sous pression est alors produite par un ou plusieurs groupes de pompes actionnées par moteurs à vapeur, air comprimé, gaz ou électricité, refoulant dans des accumulateurs ou réservoirs de pression.

Grands ascenseurs modernes. — Les constructions à grand nombre d'étages usitées en Amérique — vingt étages et plus — ont donné lieu à des types d'ascenseurs nouveaux répondant à des conditions toutes spéciales concernant leur encombrement, leur vitesse, leur puissance et leur rendement économique.

On a eu recours à cet effet à des ascenseurs différentiels permettant de marcher à des pressions de 50 et même 70 atmosphères. On a aussi adopté une solution consistant à marcher tantôt à basse pression, tantôt à haute pression, suivant la charge de la cabine. Quant à la vitesse de celle-ci, elle est généralement de 1^m,50 par seconde pour les bâtiments de dix à douze étages et de 2^m,50 à 3 mètres pour ceux de vingt étages et plus. Dans la plupart de ces derniers, on dispose d'ascenseurs distincts, les uns desservant tous les étages inférieurs au dixième étage, par exemple, avec la vitesse que nous avons indiquée, les autres assurant le service des étages supérieurs et qui sont désignés sous le nom « d'express », à cause de leur rapidité d'allure.

La charge maximum de la cabine est en général de 360 kilogrammes environ par mètre carré de son plancher, dont la superficie varie entre 2^m²,20 et 3 mètres carrés.

Les pompes du service courant sont presque toujours actionnées par des machines à vapeur et les pompes auxiliaires ou de secours par des moteurs électriques raccordés au réseau d'électricité. Ces derniers assurent le service de nuit et des jours fériés. La pression de vapeur généralement admise est de 7 kilogrammes, mais dans les installations de grande étendue, où la tuyauterie est très longue, on est allé jusqu'à 50 kilogrammes. Dans ce dernier cas, on est obligé de recourir à des accumulateurs et à des régulateurs spéciaux.

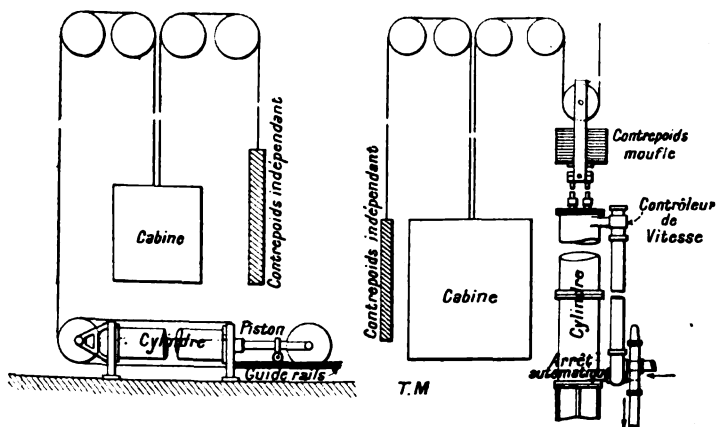


FIG. 76.

Les cylindres hydrauliques sont tantôt verticaux, tantôt horizontaux (fig. 76); les premiers, placés le plus près possible de l'axe de la cabine, ont une course plus longue que les cylindres horizontaux; leur course atteint parfois 12 mètres, mais dépasse rarement 9 mètres, hauteur à partir de laquelle il devient nécessaire de siphonner l'échappement. Les ascenseurs à cylindre horizontal sont munis d'un contre-

poids indépendant; il en est de même pour ceux à cylindre vertical, à mouflage supérieur à 4/1, car la masse du contrepoids mouflé croît proportionnellement au mouflage. La disposition avec cylindre horizontal offre l'avantage d'une course moindre, d'un mouflage plus développé et évite l'encombrement de la cabine.

Le poids de la cabine, le plus léger possible, est tel qu'il doit vaincre les frottements et faire descendre la cabine à la vitesse normale avec le conducteur seul dans l'ascenseur; les cabines dont la vitesse dépasse 1 mètre par seconde sont pourvues d'un levier (0^m,35 de course de chaque côté de sa position moyenne) contrôlant le distributeur principal au moyen d'une valve pilote; le cylindre hydraulique possède en outre des arrêts automatiques aux bouts de course, par le jeu d'une valve manœuvrée par sa poulie au moyen d'un mécanisme très sûr. La cabine est en outre pourvue d'un levier de sûreté permettant, en cas d'urgence ou de non-fonctionnement des appareils de sûreté ordinaires, de saisir immédiatement les guidages. Quand les vitesses sont supérieures à 1^m,70, on place, sur la conduite d'alimentation du cylindre hydraulique, un contrôleur de vitesse, qui se ferme automatiquement quand la vitesse de l'eau y dépasse la limite prévue. Parfois on ajoute au bas de l'ascenseur un matelas d'air formé par le pistonnage de la cabine dans le bas de la cage, et qui l'arrête en cas de chute.

Les appareils de sûreté doivent pouvoir arrêter la cabine avec la moitié en plus de sa charge maximum d'une façon rapide mais non brutale. Quand cette charge dépasse 1.800 kilogrammes, on a constaté que son arrêt se faisait mieux sur des guidages garnis de bois.

Les câbles de suspension de la cabine sont de quatre au minimum; ceux en fer avec âme en chanvre sont plus flexibles que ceux en acier.

Les pompes, les réservoirs et les cylindres de levée sont de préférence groupés dans un même ensemble; quand une installation comporte en outre des ascenseurs éloignés du groupe, on les rattache à des réservoirs auxiliaires capables de les alimenter.

La vitesse de l'eau dans les tuyauteries ne dépasse pas, le plus souvent 4 mètres par seconde et chaque machine a ses conduites d'aspiration et de décharge distinctes venant des réservoirs et pouvant être séparées sans interférence des autres tuyauteries; elles sont pourvues de purgeurs nécessaires pour enlever toute l'eau et aussi l'air des cylindres quand on les remplit d'eau. Les réservoirs de pression ont une capacité telle que, en temps de presse, ils doivent pouvoir maintenir la pression étant remplis d'eau aux 2/3. Ils sont, le plus souvent, disposés au haut du bâtiment et reliés à un petit réservoir auxiliaire situé en sous-sol; ainsi la charge de la colonne d'eau maintient la pression et permet de diminuer beaucoup le volume des réservoirs. Quant aux réservoirs de décharge, ils doivent être assez grands pour contenir l'eau de tous les réservoirs de pression.

A chaque étage sont disposés deux boutons signalant la montée ou la descente d'un ascenseur et sa position.

ASCENSEURS A HAUTE PRESSION. — Dans ce système d'ascenseurs, le piston moteur de l'ascenseur se meut de bas en haut pendant sa course motrice et entraîne la cabine par un mouflage de câbles; il est en communication avec la pression d'un accumulateur soit à la fois par le haut et le bas, soit par le haut seulement, le bas de son cylindre communiquant avec l'échappement. On marche soit à pleine puissance, soit à faible puissance pour les charges légères, avec la marche en différentiel, enfin l'on passe d'un régime à l'autre par un simple coup de corde de manœuvre.

L'équilibrage est tel que le piston descend de lui-même quand, la cabine étant vide, on ouvre les deux bouts de son cylindre à l'échappement. Dès que l'on ouvre le haut de ce cylindre à l'échappement, une soupape automatique admet sous le piston l'eau sous pression, de sorte que la cabine descend d'elle-même, avec une vitesse réglée par la charge de la soupape automatique.

Une valve, commandée par la corde de manœuvre, contrôle l'admission de l'eau sous pression sous le piston moteur. Une valve automatique de renversement actionne un tiroir-piston sur lequel agit la pleine pression de l'eau, ainsi que la pression de l'eau qui a traversé la valve commandée par la corde de la cabine, de sorte que la position de cette dernière dépend de la différence de ces pressions.

Normalement, la valve de renversement est abaissée, laissant l'eau passer du dessous du piston, pendant sa descente, dans la canalisation à haute pression, au travers d'un clapet de retenue. Avec une charge légère de la cabine, l'étranglement de la valve commandée par la cabine est suffisant pour maintenir la valve de renversement baissée et déterminer ainsi la marche en différentiel; quand la charge est lourde, cet étranglement diminue, le petit tiroir-piston se lève, laissant l'eau du dessous du piston passer dans l'échappement, de sorte que l'on marche alors en pleine puissance. L'économie de l'eau réalisée par la marche en différentiel est la principale caractéristique de ce système.

Dans le système de pression unique, l'on a généralement trois pompes, dont une de secours; leur capacité est déterminée par la fréquence et la rapidité des ascensions (on compte pour une ascension de 75 mètres, environ deux minutes et demie). Ces pompes sont mises en train par le régulateur de pression, et dans le cas de trois pompes, il y en a une qui est réglée pour partir sous une pression un peu plus élevée que les autres, de sorte que l'une d'elles marche toujours en bonne charge. La pression, d'abord trop basse, augmente graduellement à partir de la mise en train de la pompe, qui tend ainsi à s'accélérer au départ, puis à se ralentir; aussi n'em-

ploie-t-on que des pompes à marche lente, à double effet, ne donnant pas plus de cinquante coups par minute, avec une course de 0^m,30. Les pompes compound et celles à triple expansion donnent de très bons résultats.

Distributeur de l'ascenseur Otis à haute pression. — Le distributeur est commandé par un tiroir auxiliaire F (fig. 77) en rapport avec les conduites a et c de l'échappement b de l'admission de l'eau sous pression, et qui distribue cette eau au piston auxiliaire N quand on le manœuvre par une corde de la cabine ou par

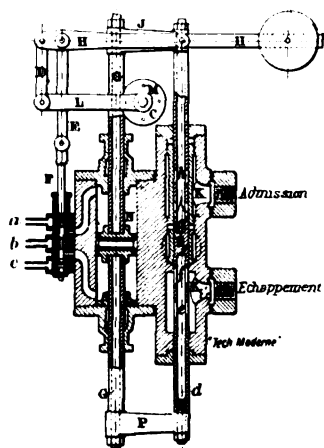


FIG. 77.

un électro-aimant M, au moyen du renvoi CLDHE. Si l'on abaisse L et F, l'eau sous pression admise sous N le soulève avec le tube d par GJP, puis ramène le levier L et le tiroir F à leur position primitive comme un servo-moteur.

Le tube d est en communication, en K, avec l'eau sous pression, en R avec le cylindre de l'ascenseur, en K' avec l'échappement. Quand ce tube descend, il amène g en face de R et l'eau sous pression arrive au cylindre par g et h.

Dans la position figurée le cylindre est fermé.

L'admission b du tiroir F est reliée, non pas à la conduite de haute pression, mais pour éviter des fuites, au réservoir d'échappement de d, et le piston N est assez grand pour fonctionner à coup sûr à cette faible pression qui est, d'autre part, restituée à l'aspiration de la pompe.

ASCENSEURS A HAUTE ET BASSE PRESSION. — Les types d'ascenseurs les plus récents sont à deux pressions. Leur principe consiste dans l'emploi de deux réservoirs de pression, l'un à haute pression pour les fortes charges, l'autre à basse pression pour les petites charges, avec manœuvre de la cabine permettant de passer à volonté d'un régime à l'autre.

Les cylindres hydrauliques à simple effet dépensent par course la même quantité d'eau, quelle que soit la charge; on conçoit qu'il y ait un avantage à se servir d'une double canalisation à basse et à haute pression.

Dans les immeubles possédant plusieurs ascenseurs, on les dessert par une canalisation à 50 atmosphères commandée par des valves pilotes sur canalisation à 6 kilogrammes, avec régulateurs entre les cylindres des ascenseurs et leurs valves, de manière à en assurer le réglage de vitesse par étranglements. Les cylindres des ascenseurs sont du type renversé, avec mouflage amplifiant six fois.

A la descente de la cabine, la montée du piston refoule son eau dans les réservoirs de décharge à 6 kilogrammes; cette eau dessert le pilote, d'où elle s'échappe aux réservoirs à une atmosphère. Une pompe principale prend son eau aux réservoirs à 6 kilogrammes et la refoule dans la canalisation à 50 atmosphères. Les pompes sont réglées de manière à pouvoir suffire à la vitesse réglementaire des ascenseurs; l'excès d'eau passe aux accumulateurs, qui, à la partie supérieure de leurs courses, arrêtent automatiquement leurs pompes. L'arrêt de la pompe principale ferme un clapet de retenue dans la conduite de refoulement et ce clapet, par une dérivation, laisse l'eau tomber, de 50 à 6 kilogrammes, devant le piston de cette pompe; en même temps, cette eau ouvre une prise de vapeur qui admet, au réservoir du cylindre de basse pression de la pompe, assez de vapeur pour la maintenir en marche lente, prête à partir vivement en marche normale. Dès cette remise en marche la dérivation se referme automatiquement. Les pompes sont à trois cylindres compound, double effet, distribution Corliss.

Les accumulateurs sont à soupapes d'arrêt automatiques limitant leurs courses en bas et en haut; des matelas d'air et à ressorts atténuent les coups de béliers de la canalisation à 50 atmosphères.

Le rendement de ces ascenseurs avec équilibrage par une chaîne ou un accumulateur compensateur est de 80 0/0.

Ascenseur Abel Pifre à deux pressions. — L'eau du réservoir de basse pression arrive par h (fig. 78) entre les soupapes r et u; celle du réservoir à haute pression débouche en i.

L'eau communique en outre par le bypass e avec le pilote d relié à la soupape u par la commande abc.

Dans la position figurée, le prolongement de la soupape différentielle w a pour effet d'empêcher l'eau de basse pression de pénétrer en h.

Quand on tourne le volant A dans le sens des aiguilles d'une montre, la bielle a s'abaisse ainsi que bc autour de la tige de la soupape u, immobilisée par l'eau, et le mouvement de la bielle c, par d, met celle-ci en communication avec le tuyau f, de manière que l'eau de haute pression pénètre au-dessous de la soupape u. Cette dernière, ainsi abaissée admet, par h, l'eau de basse pression qui passe par mk et mj, au-dessus et au-dessous du piston B. Le poids de la cabine remonte alors celui-ci, et l'eau qui se trouve sur ce piston, ne pouvant repasser en h.

arrêtée par un clapet de retenue, se rend sous B par le canal *j*, et laisse ainsi descendre la cabine.

Pour remonter la cabine, on tourne le volant en sens contraire de la rotation précédente: alors le dessous de *w* communique avec l'échappement D en prenant le chemin *fdg*. Comme le bas de la soupape *w* n'est pas absolument étanche, l'eau de basse pression remplit sa chambre *m* et tend à la soulever avec une poussée donnée par la différence des sections des soupapes *w* et *v*. Par suite de la levée ainsi déterminée, *h* est ouvert ainsi que *jc*, et l'eau s'échappe par le bas de B à l'échappement D; l'eau de basse pression admise par *h* se rend par *k* sur le piston B et force celui-ci à descendre en remontant la cabine.

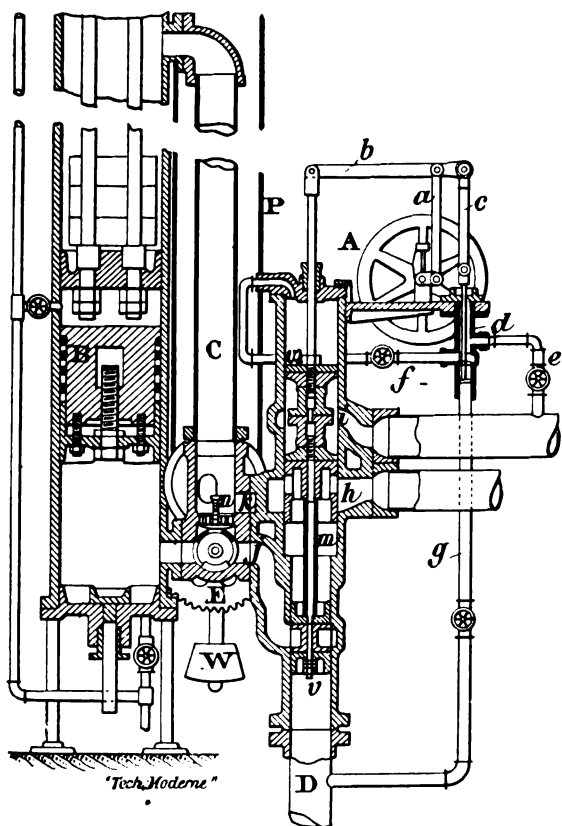


FIG. 78.

Dès que la soupape *w* commence à se mouvoir, elle entraîne le levier *b* en sens contraire du mouvement que lui avait imprimé le volant de manœuvre, de manière à ramener *d* à sa position primitive lorsque le levier *a* n'a tourné que d'un petit angle. Mais si on donne au volant A une plus grande amplitude, il entraîne assez la soupape *w* pour lui faire ouvrir *h*, puis *i* et admettre sur D l'eau de haute pression qui ne peut passer dans la conduite de basse pression à cause du clapet de retenue.

Cette succession de la haute pression à la basse pression se produit sans choc, parce que l'eau de haute pression arrive dans un cylindre déjà rempli d'eau de basse pression. En cas de fermeture brusque de *j*, pendant la descente du piston, la soupape de sûreté *n* se lève et empêche son arrêt brutal, et il en est de même pour sa montée, par une soupape placée en haut de son cylindre.

Les arrêts automatiques sont, en haut et en bas de la course, commandés, au moyen de la corde à tocs P, par le train E à contrepoids *w*, analogue à celui des ascenseurs à basse pression des mêmes constructeurs.

Pour la commande électrique de ces nouveaux ascenseurs, la compagnie Ottis a dû modifier celle en usage dans les ascenseurs ordinaires.

A cet effet, la valve auxiliaire est actionnée par des électro-aimants *a*; quand celle-ci, sous l'action de l'un d'eux, est abaissée, elle fait communiquer *c* avec *d* et admet l'eau sous pression sur le piston différentiel *w* (fig. 79) et, quand l'autre électro agit, la valve auxiliaire met en communication *d* avec *f* et laisse l'eau s'échapper au-dessous de *vv*. Les électro-aimants sont commandés par deux disjoncteurs qui leur sont reliés par un câble *p*. De plus, ces disjoncteurs sont, par le raccord H et le câble *q*, en relation avec les boutons de la

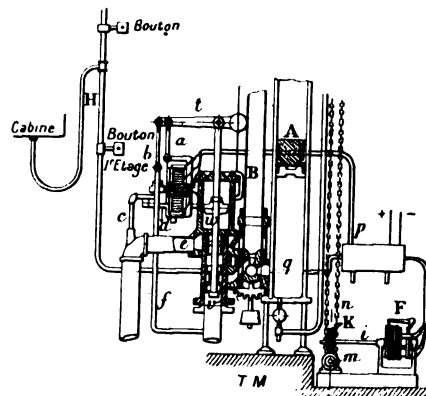


FIG. 79.

cabine et des étages, de façon que l'on puisse, d'un palier ou de l'intérieur de la cabine, envoyer celle-ci à un étage quelconque.

Le dispositif F, relié aux disjoncteurs, se compose d'un cylindre isolant avec contacts en hélice reliés aux touches des boutons; il est commandé du croisillon du cylindre de l'ascenseur par la transmission *nKmi*, qui suit ainsi les mouvements du piston A. Les contacts hélicoïdaux sont chacun interrompus au milieu et divisés ainsi en deux parties reliées aux extrémités opposées du circuit et F est monté, non sur l'arbre *i*, mais sur une vis fixe et dans l'axe de *i*, de même pas que celui des contacts, et sur laquelle un bras de *i* le fait tourner.

Quand la cabine est en haut ou en bas de la course, les touches sont toutes d'un côté ou de l'autre de l'interruption centrale des contacts; si elle est au bas de sa course, le contact du premier étage est tout près de cette interruption, et les autres touches sont au contact des hélices des deuxième, troisième étages, etc.

Dès que l'on pousse le bouton du premier étage, F tourne et amène l'interruption devant la touche du premier étage où la cabine s'arrête et de même pour les autres étages.

Quand le courant dont on dispose, celui d'une pile par exemple, est trop faible pour actionner la valve auxiliaire directement par l'électro-aimant correspondant, on fait commander par cet électro-aimant la valve d'un relais hydraulique dont le piston actionne la valve auxiliaire.

Appareils de manœuvre des ascenseurs d'immeubles. —

Commande par corde sans fin. — Suivant que la traction sur la corde est exercée dans un sens ou dans l'autre, on provoque la montée ou la descente de la cabine. Des tocs ou des olives portés par la corde de manœuvre et rencontrés par les doigts d'une boîte à boutons fixée dans la cabine produisent l'arrêt automatique aux étages (fig. 80).

Au départ, on arme le doigt correspondant à l'étage auquel on désire s'arrêter. Les doigts des étages extrêmes sont toujours armés.

Commande par boutons. — Dans la cabine se trouve un manipulateur à trois boutons: « montée », « descente », « arrêt », sur lesquels il suffit d'exercer une simple pression pour provoquer le mouvement ou l'arrêt. Ce manipulateur est surmonté d'un commutateur dont chaque direction correspond

à un niveau et que l'on oriente, au départ, dans la position correspondant à l'étage où l'ascenseur doit s'arrêter (fig. 81).

La commande peut se faire de la cabine (alors la cabine est convoyée par un conducteur), de la cabine et du rez-de-chaussée (la cabine est conduite par les voyageurs; elle est ramenée au rez-de-chaussée, son poste de repos, ou envoyée à vide, aux étages, par le concierge), de la cabine et de tous

les étages (les voyageurs, après être arrivés à destination, renvoient la cabine au rez-de-chaussée).

Commande par commutateur. — Les ascenseurs pour grand service (grands magasins, grands hôtels à voyageurs) sont confiés à un conducteur qui commande la mise en marche et l'arrêt au moyen d'un commutateur placé dans la cabine. Les plus puissants de ces appareils sont munis d'une manœuvre à deux vitesses, qui permet soit de passer d'un étage à l'autre à vitesse réduite, soit d'effectuer un long parcours à grande vitesse. Un triple mécanisme de sécurité assure l'arrêt de la cabine en haut et en bas de la course, en cas de négligence du conducteur ou d'accident aux organes de manœuvre.

Dans la commande avec commutateur placé dans la cabine, lorsque le bras du commutateur est dans la position verticale, l'appareil est à l'arrêt; en le déplaçant dans un sens, on met l'ascenseur en marche à la montée, en petite

puis en grande vitesse. En ramenant le

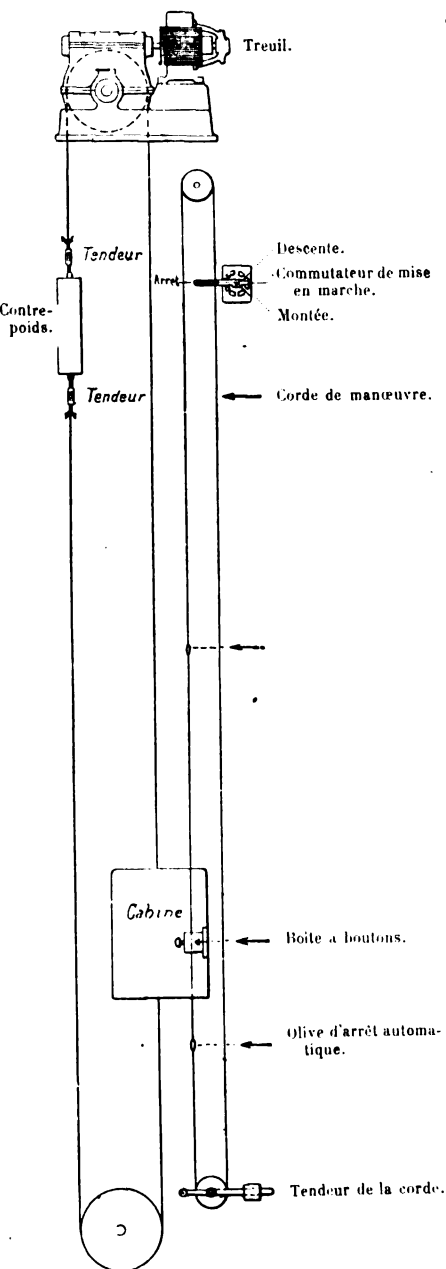


FIG. 80. — Ascenseur électrique, commandé par corde sans fin de la cabine seule ou de la cabine et des étages.

bras à la position verticale, le conducteur produit le ralentissement, puis l'arrêt de la cabine. En déplaçant la poignée dans l'autre sens, la cabine est mise, de même, à la descente.

Les contacts électriques établis par le commutateur actionnent des relais de montée, de descente, de grande vitesse et de ralentissement portés par un tableau de contrôle.

Le rhéostat employé est à marche automatique; les résistances en série avec l'induit et les enroulements inducteurs série du moteur sont retirés, au démarrage, par des relais commandés par un circuit en dérivation sur les balais du

moteur et dont l'excitation croît proportionnellement à la force contre-électromotrice et par suite à la vitesse de l'induit. Un dispositif analogue permet de réaliser un freinage progressif et des arrêts exacts aux étages, quelle que soit la charge placée dans la cabine.

Commande par blocage électro-mécanique. — La commande par tringle ou par corde permet bien les arrêts exacts aux étages, quelle que soit la charge, si la vitesse est faible, car dans ce cas la cabine accompagne le taquet ou l'olive d'arrêt jusqu'à ce que le distributeur soit fermé (ascenseur hydraulique ou aéro-hydraulique). Mais si la vitesse dépasse une valeur moyenne, toute exactitude disparaît, car la tringle ou la corde de manœuvre sont projetées lorsque la cabine atteint le taquet ou l'olive d'arrêt.

Avec les manœuvres électriques, l'inconvénient des grandes vitesses est encore plus sensible. Comme dans ce cas la durée de fermeture du distributeur est constante et que la vitesse de la cabine est variable suivant la charge, l'arrêt en charge se produit à un niveau différent de l'arrêt à vide, aussi bien à la montée qu'à la descente, et l'écart est d'autant plus accentué que la vitesse est plus grande et que l'appareil est plus exactement équilibré. On peut remédier partiellement à cet inconvénient en produisant un ralentissement avant l'arrêt, mais ce ralentissement est désagréable et absolument insuffisant pour des appareils à grande vitesse.

La maison Abel Pifre a un dispositif qui évite cet inconvénient. Les organes de distribution de l'ascenseur sont ramenés graduellement et sans choc de la position de marche à celle d'arrêt sans projection

ou lancer, au moyen d'une corde qui est saisie par une pince fixée à la cabine, ladite pince étant serrée par un ressort au moment de l'arrêt et desserrée par un électro-aimant quand l'ascenseur est en marche ou prêt à fonctionner. La mise en marche s'obtient, soit en actionnant directement la corde de manœuvre dans le sens convenable, soit en agissant sur des boutons-poussoirs commandant deux circuits électriques reliés à des électro-aimants contrôlant un servo-moteur qui actionne les appareils de distribution. Quel que soit le mode de mise en marche adopté, l'arrêt se fait toujours en coupant par des interrupteurs appropriés le circuit électrique excitant

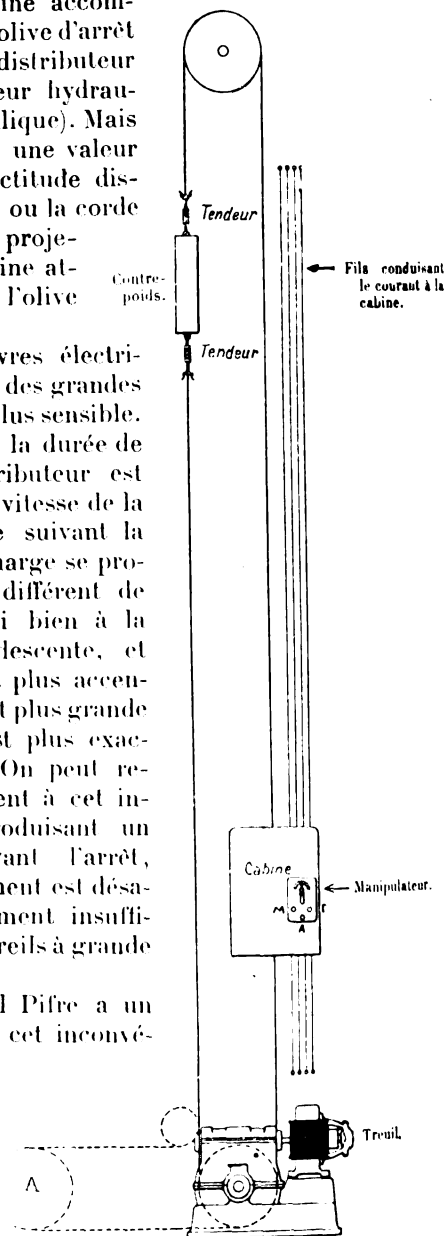


FIG. 81. — Ascenseur électrique commandé par boutons.

l'électro-aimant de desserrage de la pince, de sorte qu'aussitôt que ce circuit est interrompu, la pince se serre sous l'effet de son ressort et saisit la corde de manœuvre qui se trouve ainsi solidarisée avec la cabine : celle-ci entraîne la corde dans le sens convenable et ferme graduellement le distributeur. L'arrêt se produit ainsi exactement et sans secousse, quelle que soit la vitesse de la cabine.

Le circuit de l'électro-aimant de desserrage de la pince traverse les condamnations électriques des portes palières et des portes de cabine, de sorte que si une porte quelconque est ouverte, la pince est serrée et il est impossible de mettre l'appareil en marche. Si une porte est ouverte pendant la marche, la rupture du circuit entraîne le serrage de la pince et par suite l'arrêt de l'appareil. On obtient ainsi le blocage de la manœuvre par l'ouverture des portes palières et des portes de cabine. Ce dispositif présente encore l'avantage de rendre impossible le renversement du sens de marche de l'appareil, sans passer par l'arrêt normal, ainsi que la mise en marche de l'ascenseur dans l'intervalle de temps qui s'écoule entre l'arrêt de la cabine à un étage et l'ouverture de la porte palière.

La plupart des dispositifs utilisés par les constructeurs allemands pour rendre impossible, à partir d'un point situé en dehors de la cabine, toute mise en route d'un ascenseur électrique occupé, comportent un plancher légèrement mobile autour d'une charnière qui ferme ou ouvre un circuit électrique. Ce circuit actionne un électro-aimant, qui tantôt interrompt les circuits de commande des moteurs aboutissant aux divers étages, tantôt enclanche les leviers des interrupteurs de ces derniers circuits, dès que le plancher mobile a été abaissé par une personne prenant place dans la cabine.

Lorsque au contraire cette dernière est vide, les circuits de ces leviers sont rétablis (ou ces leviers libérés, de façon à permettre, d'un étage quelconque, la mise en mouvement de la cabine.

Certains constructeurs préfèrent mettre hors fonctionnement les appareils de mise en route extérieure des cabines, non plus par le plancher, mais par la porte de la cabine, de façon à rendre impossible toute mise en route par une personne placée à un étage quelconque, tant que cette porte est ouverte.

D'autres enfin emploient en même temps les deux dispositifs précédents, de sorte qu'on ne peut manœuvrer les ascenseurs de ces stations d'étages, que quand la cabine est inoccupée et la porte de cette cabine fermée.

Commande par servo-moteur. — Dans les ascenseurs hydro-électriques et aéro-hydrauliques Edoux et C^e, les servo-moteurs ont pour effet de rendre la descente de l'ascenseur fonction de la montée, de telle sorte qu'une fausse manœuvre ne puisse faire communiquer l'admission du fluide moteur avec sa vidange.

Deux groupes d'organes absolument identiques concourent à l'obtention de ce résultat, dont l'un sert à assurer la montée de la cabine et son arrêt, et l'autre jouant le même rôle pour la descente. Chacun de ces appareils comporte un réservoir de compression en relation avec un récipient à huile, ce dernier muni de deux soupapes à pointeau, dont les boîtes sont aussi complètement remplies d'huile et isolées l'une de l'autre. Dans l'une d'elles arrive le fluide ou le liquide sous pression (eau, air comprimé, ou tout autre gaz ou liquide) et la seconde est mise en relation avec une conduite d'échappement. Les tiges de ces soupapes aboutissent à un petit balancier oscillant en son milieu, d'où il porte un doigt de fer doux capable d'être déplacé vers la droite ou vers la gauche au moyen d'électro-aimants.

Le réservoir de compression est mis en relation avec un cylindre, au moyen d'une conduite ascensionnelle, où se meut un piston, dont la surface inférieure est notablement plus petite que la surface supérieure. La tige de ce piston, en dehors de son cylindre, agit au moyen d'un levier sur le distributeur du fluide moteur sous pression, par exemple de l'air comprimé au-dessous de son piston ; ce cylindre annulaire est toujours rempli de cet air comprimé qui lui arrive par une conduite spéciale. C'est le servo-moteur dont il a été parlé plus haut.

Le distributeur est commun avec deux servo-moteurs. Il en est de même de sa tuyauterie d'évacuation et de celle qui dessert les cylindres des deux pistons.

Si l'on vient à appuyer sur l'un des boutons électriques de montée, on détermine l'excitation d'un des électro-aimants qui attire le doigt et qui détermine ainsi la fermeture d'une des soupapes en même temps que s'ouvre l'autre. Le fluide moteur chasse devant lui l'huile que contient la boîte de la soupape et, en s'élevant dans la tuyauterie, force de même celle que contient le récipient, à pénétrer dans le cylindre de compression. Puis cette huile est à son tour refoulée sur la surface pleine du piston qui descend et actionne le levier du distributeur, qui ouvre ce dernier à l'admission, et l'ascenseur monte.

Pour mettre la cabine de l'ascenseur à l'arrêt, on lance, à l'aide d'un autre bouton, le courant d'excitation dans l'autre électro-aimant, par suite le piston remonte et met à nouveau le distributeur à la position d'arrêt de la montée.

Pour déterminer la descente de la cabine, on opère avec l'autre mécanisme absolument comme on vient de le voir pour la montée.

En somme, le servo-moteur met en jeu la contrepression du fluide sur la surface annulaire de son piston pour le ramener aux positions correspondant à l'arrêt de l'ascenseur. Il écarte absolument l'emploi d'un contrepoids, qui peut donner lieu à des chocs, et celui d'un ressort, dont le fonctionnement toujours délicat, produit d'ailleurs des efforts sans cesse variables.

Appareils de sûreté pour ascenseurs. — Parachutes. — Les cabines d'ascenseurs, suspendues par câbles, sont toujours munies de parachutes destinés à les arrêter : 1° en cas où la vitesse dépasserait une limite fixée à l'avance ; 2° en cas de mollissement, d'allongement inégal ou de rupture de l'un ou des câbles de suspension.

D'une façon générale, ces appareils se classent en deux groupes : ceux qui agissent au moyen de griffes ou de dents sur des règles en bois dur formant guidages ; ceux qui agissent par simple friction sur des guidages métalliques.

Les parachutes se composent généralement de leviers L (fig. 82) avec ressorts R maintenus par la traction du câble de suspension. Aussitôt que le câble de suspension se détend, les ressorts agissant sur les leviers, les extrémités de ceux-ci viennent s'engager entre les dents de crémaillères C fixées dans les guidages de l'ascenseur.

Tant que la corde de suspension de la cabine est tendue, les griffes sont écartées des guidages, mais dès que l'effort de traction cesse par suite de la rupture de cette corde, ou pour toute autre cause, les ressorts poussent les griffes contre le guidage en produisant un serrage assez énergique pour arrêter tout mouvement.

En partant du même principe, on peut combiner un frein

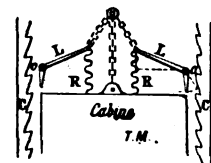


FIG. 82.

de sûreté fonctionnant en cas de mauvaise attache du câble, dans le cas d'allongement, d'usure ou de rupture complète de ce dernier.

Enfin le **parachute à billes**, qui est assez employé, est constitué par une tige métallique taillée en forme de crémaillère, d'un profil convenablement étudié, placée sur le côté de la cabine (cette tige est fixe et peut au besoin remplacer un des guidages); en contact avec cette crémaillère, mais disposée en sens inverse, s'en trouve une autre, d'environ 0^m,50 de hauteur, fixée solidement à la cabine. Dans chacune des dents de cette deuxième crémaillère (généralement au nombre de trois) se place une bille en acier. Tant que la cabine n'est sollicitée dans son mouvement que par les actions mécaniques normales, elle parcourt son chemin sans difficulté, tant à la descente qu'à la montée, mais

dès qu'une accélération de vitesse vient à se produire, la

cabine doit se trouver arrêtée par l'interposition d'une des billes entre une des dents de la crémaillère fixe et celle correspondante de la crémaillère mobile. Cette interposition résulte des vitesses différentes que prennent seules sous l'influence de la pesanteur, la bille, d'une part, la cabine de l'autre.

Cette sorte de para-

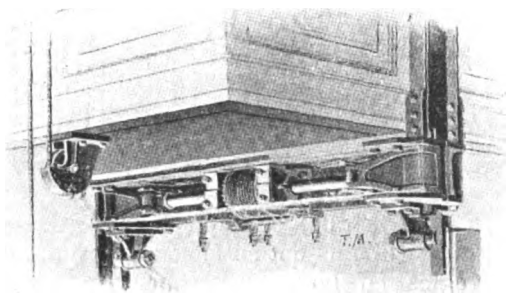
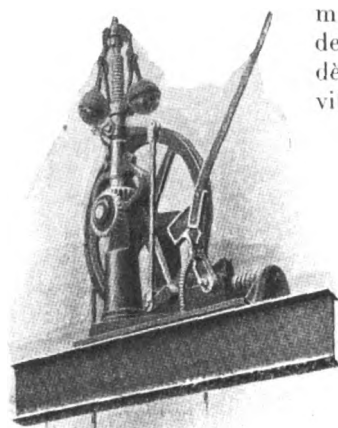


FIG. 83. — Parachute sur guidages profilés en acier. (Construction Abel Pifre.)

chute ne comporte ni levier, ni ressort, ni organes mécaniques proprement dits et peut être vérifiée à tout instant.

Dans certains ascenseurs à cabine suspendue, cette dernière est munie d'un plateau mobile en relation avec le parachute à griffes, qui, sous l'influence du plus léger effort dû à la rencontre d'un obstacle quelconque, produit, en se soulevant, le serrage immédiat du frein. On prévient ainsi les accidents terribles qui se sont produits par l'imprudence d'une personne qui penche sa tête dans l'intérieur d'une cage d'escalier au centre de laquelle se meut un ascenseur, et qui peut être ainsi décapitée par la cabine dans son mouvement de descente, ou encore d'une personne qui, malgré les condamnations des portes palières, a réussi à s'introduire sous la ca-

bine au rez-de-chaussée, et n'a pu s'échapper à temps pour éviter d'être écrasée par celle-ci.

Il convient de donner la préférence aux parachutes peu compliqués et dont l'action, en principe, ne dépend pas des pièces susceptibles de s'affaiblir à la longue. En outre, ils doivent être entretenus avec soin, visités fréquemment, et de temps à autre, on doit faire un essai réel de leur fonctionnement.

Les **parachutes Ottis à coins**, pour guidages en bois, sont posés comme suit : les câbles de suspension, renvoyés par une arcade sur les côtés de la cabine, sont fixés à des leviers coudés placés en dessous du plancher de celle-ci. Ces leviers sont reliés entre eux par une bielle et, supportant normalement des efforts égaux, se maintiennent dans une position d'équilibre. Ils peuvent agir séparément sur les manivelles d'un arbre horizontal, au cas où les tractions sur les câbles cessent de s'équilibrer. Si l'un des câbles vient à mollir, la traction de l'autre fait osciller l'un des leviers. L'arbre horizontal tourne sur son axe et engage des coins entre les guidages et les coulisseaux, ce qui produit l'arrêt de la cabine.

Le parachute peut être actionné aussi par un régulateur à force centrifuge commandé par un câble sans fin relié à un levier de parachute. Si la vitesse s'accélère, les boules s'écartent et une pince commandée par le manchon du régulateur saisit le câble de commande et l'immobilise. Il en résulte une traction sur ledit câble, qui se transmet au levier du parachute, fait tourner l'arbre horizontal et engage les coins d'arrêt. Le parachute ne prenant qu'à la descente, il est toujours possible de faire monter la cabine jusqu'à un palier pour la sortie des voyageurs. En cas de lourdes charges, le parachute Ottis dit « Triple Grip » est extrêmement puissant et d'un excellent fonctionnement. En cas de mollissement des câbles ou d'accélération de vitesse de la cabine, une bêche métallique s'arc-boute sur chacun des guidages et produit la rotation de mâchoires en acier qui viennent serrer les guidages sur les trois faces.

A défaut de parachutes, les ascenseurs doivent être munis de freins de sûreté.

Si dans la disposition de la figure 82, on met des sabots aux extrémités des leviers et qu'on les maintienne très rapprochés des guides, dès que le câble de suspension se détend, les sabots viennent s'appliquer contre la surface latérale des guides en formant coins. On peut ainsi arrêter presque instantanément une cabine en cas de rupture du câble de suspension.

Le **frein hélicoïdal** (système Backmann), qui a été appliqué aux ascenseurs de la tour Eiffel, consiste en un fuseau-frein armé d'une hélice et surmonté d'un cône creux assis sur une pile de rondelles Belleville. Ce fuseau, terminé à sa partie inférieure par un pivot, est entraîné par la traverse de guidage du châssis inférieur de la cabine pendant son mouvement normal de montée ou de descente. Le cône supérieur se trouve en regard d'un cône plein, de mêmes dimensions, pratiqué dans les extrémités de la traverse de guidage inférieure de la cabine.

En cas de rupture des câbles de suspension, le cône de la traverse de la cabine vient s'asseoir sur le cône des fuseaux, en produisant un frottement progressif entre les surfaces des cônes, jusqu'à ce que l'arrêt complet des fuseaux freins s'ensuive.

Les **freins hydrauliques à piston** se composent habituellement d'un cylindre à rainures intérieures longitudinales à sections variables, d'un piston et d'un cliquet à ressort monté sur la tête de ce piston, qui vient s'engager entre les dents d'une crémaillère installée sur les guides de l'ascenseur, dès que la rupture du câble se produit.

Les freins hydro-pneumatiques sont constitués par une presse-frein hydraulique et un réservoir d'air absolument étanche. Entre l'air et l'eau on interpose un flotteur, ayant pour effet d'empêcher le mélange du liquide et de l'air et de conserver à chacun ses propriétés physiques particulières.

Un frein hydro-pneumatique bien établi peut, en cas de rupture du câble, permettre de descendre automatiquement une cabine d'ascenseur au bas de sa course, sans le secours d'un autre engin que le système d'agrafes et que la crémaillère installée sur les guidages de la cabine, en procédant à une succession de mouvements alternatifs de sortie et de rentrée du piston de frein dans sa presse lorsqu'il est enclavé dans la crémaillère.

Le frein Smith, appliqué par la compagnie Ottis de New-York, consiste en des tiges flexibles ou cordes tendues par des ressorts le long du puits de l'ascenseur, et sur lesquelles sont posées des plaquettes avec boulons en prise avec ces tiges, de manière que la plaquette ne puisse monter ou descendre sans plier ces tiges et en subir un freinage très énergique. Lorsque la vitesse de la cabine vient à dépasser une certaine limite, ses tocs viennent toucher et entraîner ces plaquettes dont la résistance arrête la cabine. Ces tocs sont actionnés à l'aide d'un galet qui roule sur le guidage de la cabine, et tant que ce guidage n'est pas interrompu, il maintient les tocs en position de prise avec les plaquettes. Devant ces dernières, le guidage est interrompu par des dents ou encoches, telles que, lorsque le galet y passe et tombe au fond de ces dents, il repousse par son toc une détente qui, lâchant son support, laisse tomber le toc et se défile de la plaquette. Du fond de l'encoche, le galet passe sur sa tête et retombe dans une seconde encoche, devant une seconde plaquette, puis remonte sur le guidage pour reprendre sa position primitive. Si la cabine va trop vite, le galet n'a pas le temps de s'enfoncer dans l'encoche assez tôt pour défiler le toc de sa plaquette, ainsi accrochée au passage, et la cabine est arrêtée tout doucement.

Serrures automatiques. — Lorsque les ascenseurs sont laissés à la disposition du public, sans conducteur, les portes palières sont munies de serrures automatiques et de condamnations de manœuvre.

Les serrures automatiques empêchent d'ouvrir les portes palières quand la cabine n'est pas en face d'une de ces portes. Celle de l'étage inférieur est disposée, en outre, de façon qu'il soit impossible de refermer ladite porte, tant que la cabine n'est pas au niveau correspondant.

Les condamnations de manœuvre empêchent de mettre l'ascenseur en marche si l'une quelconque des portes palières n'est pas exactement fermée et produisent l'arrêt immédiat de la cabine, si, par impossible, une porte est ouverte pendant la marche ou simplement entrebâillée.

Les portes de cabine peuvent également être munies de condamnations de manœuvre. Un dispositif de sécurité employé dans le cas de manœuvre électrique empêche de mettre l'ascenseur en marche avant que le voyageur soit sorti de la cabine et ait refermé la porte derrière lui.

Dans le cas où l'ascenseur est muni d'un conducteur, les serrures automatiques et les condamnations peuvent être supprimées; les portes palières sont alors disposées de façon à ne pouvoir être ouvertes que par le conducteur au moyen d'une clef spéciale. La mise en mouvement ne peut être effectuée que par le conducteur et seulement de l'intérieur de la cabine.

Dans le dispositif bien conçu que représente la figure 84, les portes tendent à se fermer d'elles-mêmes sous l'action d'un ressort. Pour les maintenir ouvertes, une boule en cuivre *b*, qui tend à dépasser légèrement le niveau du sol par l'effet

d'un ressort situé à l'extrémité supérieure de la tige *l*, s'engage sous chacune de ces portes dans une cavité correspondante pratiquée sous le battant.

Cette boule est automatiquement entraînée vers le bas par la tige *l* sous l'action d'un fort ressort non figuré, qui fait tourner l'arbre *a'b'* en sens inverse des aiguilles d'une montre quand l'ascenseur quitte l'étage. La porte se ferme d'elle-même et le même ressort qui agit sur *a'b'* tend à faire remonter la tige *l* et à introduire les deux taquets d'arrêt *t* dans deux autres cavités situées sous les battants de la porte, ce qui empêche complètement leur ouverture. Ce mécanisme est répété à chaque étage.

L'arbre *a'b'* porte en outre une came dont la position en plan varie un peu d'un étage à l'autre, de telle sorte qu'un doigt *a* relié à l'ascenseur et pouvant se déplacer parallèlement à *a'b'* à l'aide des poulies *p*, *q*, *r*, et se fixer en autant de positions qu'il y a d'étages au moyen d'un levier *r*, agit sur l'une ou l'autre de ces comes suivant sa position et détermine, en pressant sur la came, une rotation de l'arbre *a'b'* dans le sens des aiguilles d'une montre en armant le gros ressort. Cette rotation dégage les taquets *t* de leurs logements, ce qui permet d'ouvrir les portes et soulève les boules *b*, qui sont ainsi prêtes à recevoir et à maintenir les battants.

Il est évident que l'on peut, à l'aide d'un léger effort, exercé sur le battant, faire peser la boule sur le petit ressort de la tige *l* et fermer les portes, malgré la présence de l'ascenseur à l'étage correspondant.

La compagnie Ottis emploie l'air comprimé pour la condamnation des portes palières. En cave se trouve une pompe à air commandée par une petite dynamo indépendante. Cette pompe maintient une pression sensiblement constante dans un réservoir à air comprimé. Elle s'arrête automatiquement de fonctionner et elle se remet de même en mouvement toutes les fois que la pression dans le réservoir atteint, dans un sens ou dans l'autre, les limites qu'elle ne doit pas dépasser (3 à 5 kilogrammes par exemple). Ce réservoir communique à chaque étage avec un petit cylindre muni d'un piston, dont la tige est reliée par une chaîne et une crémaillère aux portes palières, formées de deux vantaux roulant sur des glissières. Une pédale, manœuvrée à l'intérieur des cabines par le conducteur, permet de mettre en mouvement le piston du cylindre correspondant à chaque porte palière, de façon à l'ouvrir lorsque la cabine est arrivée au niveau de l'étage correspondant.

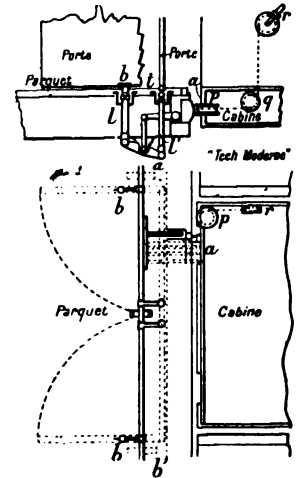


FIG. 84.

Ascenseurs à air comprimé

A Paris, la Compagnie parisienne de l'air comprimé distribue ce fluide sous la pression moyenne de 5 kilogrammes pour la manœuvre des ascenseurs, des monte-charges et le vend soit au compteur de volume, à raison de 12 centimes le mètre cube, soit au compteur de parcours, à raison d'un prix par kilomètre parcouru dépendant du diamètre du piston de l'ascenseur. Ainsi, pour une course de 10 mètres et pour un ascenseur ayant un piston de 13 centimètres (diamètre moyen),

le prix est de 2,89 centimes, au lieu qu'il serait de 1,59 centime au compteur de volume.

L'emploi de l'air comprimé par rapport à l'eau sous pression est donc très avantageux.

Les ascenseurs à air comprimé ou aéro-hydrauliques peuvent se classer en ascenseurs sans piston porte-cabine et en ascenseurs avec puits et piston porte-cabine.

Les premiers ne présentent aucun intérêt, malgré qu'ils évitent le creusement d'un puits.

Les seconds se divisent en : ascenseurs sans équilibrage, en ascenseurs avec équilibrage supérieur et en ascenseurs avec équilibrage inférieur par compensateur.

Les **ascenseurs à piston porte-cabine sans équilibrage** sont les plus simples ; ils comportent le cylindre, logé dans le sol, et dans lequel plonge le piston ; la cabine avec ses guidages et l'organe distributeur, comme dans le cas de l'ascenseur hydraulique. Il faut de plus un réservoir d'eau constituant la capacité d'eau fixe mise en pression par l'air comprimé. Quand la maison à desservir dépasse cinq étages et est d'un service important, on doit raisonnablement ne pas utiliser ce genre d'ascenseur, car les poids morts, cabine et pistons, n'étant pas équilibrés, il en résulte une consommation d'air plus grande que dans les deux types d'appareils que nous allons examiner.

L'**ascenseur à piston porte-cabine avec équilibrage supérieur** comporte les mêmes organes que l'ascenseur sans équilibrage, mais en plus un contrepoids attaché à l'extrémité d'un câble relié à la cabine en passant sur une poulie installée au-dessus de la cabine. Ce modèle convient pour toutes les courses. Mais c'est l'**ascenseur à piston à équilibrage inférieur par compensateur** qui est le plus employé, et de fait le plus avantageux. Il permet de diminuer la dépense d'air comprimé.

La quantité d'eau remplissant le cylindre de l'ascenseur et celui du compensateur sert indéfiniment, sauf à remplacer la perte du liquide par évaporation, puisque cette eau passe alternativement du compensateur dans le cylindre et de celui-ci dans le compensateur, suivant qu'elle se trouve chassée par la pression de l'air comprimé ou que cet air est évacué, ce qui provoque la montée ou la descente de la cabine. La manœuvre se fait par boutons électriques à l'aide d'un servo-moteur.

Le compensateur (système Abel Pifre) comporte un cylindre supérieur à air et un cylindre inférieur à air, absolument séparés par l'atmosphère. Un piston contenant intérieurement des contrepoids pour l'équilibrage des poids morts transmet à l'eau du cylindre inférieur la pression exercée par l'air comprimé dans le cylindre supérieur pour la montée de la cabine. Pour la descente, l'air comprimé est mis à l'évacuation et l'excédent des poids morts de la cabine et du piston refoule l'eau du cylindre de cabine dans la partie inférieure du compensateur, en remontant les contrepoids. Ce compensateur est d'un encombrement très réduit et trouve sa place dans les locaux les plus exigus. Le distributeur sépare également d'une façon absolue l'eau et l'air.

La manœuvre employée le plus généralement est la manœuvre électrique, dite à un bouton, mais il est possible d'opérer avec des cordes avec arrêts automatiques aux étages.

On peut établir ce genre d'ascenseur avec compensateur à équilibrage extérieur et manœuvre à cordes. Les contrepoids d'équilibrage sont placés sur un plateau porté sur le piston du compensateur et peuvent alors prendre toute l'importance désirable. Les arrêts aux étages sont faits par le conducteur, qui est chargé exclusivement de la manœuvre.

On établit ces appareils aussi avec équilibrage fait par chaînes et contrepoids et muni seulement d'un compresseur, ou réservoir, dans lequel l'air comprimé agit directement sur

l'eau motrice et où un flotteur de sécurité commande une soupape qui ferme le tuyau d'eau allant au cylindre de cabine, si le niveau dans le compresseur descend en dessous d'une limite fixée. Ce type d'appareil est moins coûteux d'établissement qu'un compensateur et présente pratiquement une sécurité suffisante. Enfin l'emploi d'un compresseur permet l'application facile de l'air comprimé aux ascenseurs hydrauliques sans équilibrage ou avec équilibrage supérieur.

Dans certains cas, il est possible de mettre le compresseur dans les combles de l'immeuble ; la pression exercée par la colonne d'eau reliant le compresseur au cylindre de cabine s'ajoute alors à la pression de l'air comprimé ; en outre, cette colonne constitue un véritable équilibrage des poids morts de la cabine et du piston et permet de réaliser une certaine économie d'exploitation.

Les systèmes de commande les plus récents consistent à utiliser deux servo-moteurs, l'un pour la montée, l'autre pour la descente. Chacun de ces appareils commande un piston, dont l'un des faces est en relation directe avec l'air comprimé et est maintenue par la pression de l'air dans la position d'arrêt. Pour monter, il suffit d'évacuer l'air du servo-moteur de montée, qui ne se remet à la position d'arrêt que par admission à nouveau de l'air comprimé. L'inverse a lieu pour la descente.

Ces introductions d'air sont obtenues au moyen de petits clapets métalliques commandés par des électro-aimants. Pour chaque servo-moteur, il y a deux électros : un de mise en marche et un d'arrêt. Ils sont actionnés par les boutons placés dans la cabine et aux étages, ainsi que par les contacts fixes d'arrêt établis aux divers étages.

Le principe du servo-moteur à manœuvre distincte pour la montée et pour la descente de la cabine offre l'avantage que, dès que le bouton de manœuvre a été poussé, le système de commande est bloqué et le mouvement commencé ne peut être arrêté qu'autant que le courant a été coupé. Une disposition spéciale permet, au cas où les deux électros agiraient en même temps, de produire l'arrêt de la cabine.

On peut également combiner les circuits de manière à produire l'annulation du bouton de descente dès que le bouton de montée a agi, et réciproquement. Enfin l'arrêt de la cabine se produisant par rupture du courant, si on munit les portes de la cabine de contacts qui ne sont en prise que lorsqu'elles sont fermées, il s'ensuit que l'ouverture d'une porte, non seulement empêche la mise en marche de la cabine, mais encore l'arrête si elle est en marche.

Ascenseurs électriques

L'ascenseur électrique pour personnes comporte essentiellement une cabine suspendue et un treuil accouplé directement avec un moteur électrique commandé automatiquement.

Sur le tambour du treuil s'enroulent le ou les câbles de suspension de la cabine. En sens contraire des câbles de la cabine, s'enroulent ceux du contrepoids d'équilibre.

Le treuil sur lequel s'enroule le câble de traction est généralement actionné par une roue hélicoïdale et vis tangente ; cette dernière est calée sur l'arbre même du moteur électrique, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un accouplement élastique. Ce mode de commande offre une grande sécurité, à défaut d'un grand rendement, par le fait que n'étant pas réversible, la cabine s'arrête d'elle-même en cas de rupture de l'accouplement et du moteur. En outre, un système de freinage est adapté à l'arbre moteur pour assurer, pendant le repos de l'ascenseur, l'immobilité absolue du tambour d'enroulement des câbles.

Dans ce genre d'ascenseur, l'accident le plus à redouter est la chute de la cabine par suite d'une rupture du câble ou des cordes qui la suspendent. De là l'usage des parachutes, dont il existe une très grande variété de systèmes et que nous avons signalés plus haut.

La puissance à donner au moteur électrique, par exemple pour un ascenseur pouvant élever trois personnes (220 kilogrammes) à une vitesse de 45 centimètres à la seconde, avec équilibrage de la moitié de la charge maxima à soulever, et

en admettant un rendement de 40 0/0 pour le treuil, est de 3 chevaux environ.

Mais il est prudent de prendre un moteur plus puissant que ne l'indique le calcul.

On peut distinguer les ascenseurs électriques à treuil avec équilibrage et à manœuvre directe, les ascenseurs directs sans équilibrage, les ascenseurs à relais et les ascenseurs avec relais servo-moteurs.

Dans les **ascenseurs à treuil avec équilibrage**, le tambour peut être simple ou double. Dans le premier cas, la cabine est suspendue par un câble qui s'enroule sur le tambour d'un treuil à vis tangente

dans l'autre sens pour descendre. La commande du tambour a lieu soit par une roue hélicoïdale commandée par une vis tangente, soit par train d'engrenages droits. L'électromoteur donne lieu à la puissance la plus faible lorsque le contrepoids équilibre, en plus du poids de la cabine, la moitié de la charge utile à déplacer.

La vis peut être manchonnée directement avec l'arbre du moteur électrique, ou recevoir une poulie de commande entraînant l'électromoteur à l'aide d'une courroie. Dans ce dernier cas, on réduit la vitesse de la vis tangente et son rendement est meilleur.

Dans les puissants ascenseurs, le treuil moteur peut être constitué par la juxtaposition, des deux côtés d'un même tambour, de deux machines identiques à double vis, ayant chacune son moteur électrique. Les deux moteurs sont connectés de façon à produire chacun la moitié de l'effort nécessaire et à tourner exactement à la même vitesse.

Lorsque les appareils sont à faible ou moyenne vitesse, le treuil moteur comprend, en outre de la réduction par vis sans fin, un harnais d'engrenages à denture taillée.

La commande des ascenseurs par moteurs à courant continu ou à courant triphasé s'opère sans difficulté. Il n'en était pas de même avec les moteurs à courant alternatif simple, qui présentaient certaines difficultés. Mais aujourd'hui les moteurs monophasés à collecteur sont parfaitement applicables à l'actionnement des ascenseurs et des monte-charges.

Le moteur à collecteur Déri, construit par la Société Brown Boveri, étudié spécialement pour la commande des ascenseurs grâce à une connexion spéciale, acquiert, à peu de chose près, les propriétés des moteurs asynchrones à courant alternatif. Son nombre de tours varie peu aux différentes charges, et lors d'une impulsion plus rapide donnée par le treuil, il exerce une action de freinage et rend de l'énergie au réseau.

La commande de ce genre de moteur se fait au moyen d'appareils que nous décrirons plus loin et qui permettent d'utiliser les propriétés de démarrage très favorables de ces moteurs.

Dans le but de renoncer à l'emploi des moteurs monophasés, MM. Stigler et de Faria utilisent un convertisseur électrolytique, qui permet ainsi l'usage du moteur à courant continu. Outre les avantages inhérents à l'emploi de ce dernier, on constate une économie de consommation d'énergie électrique.

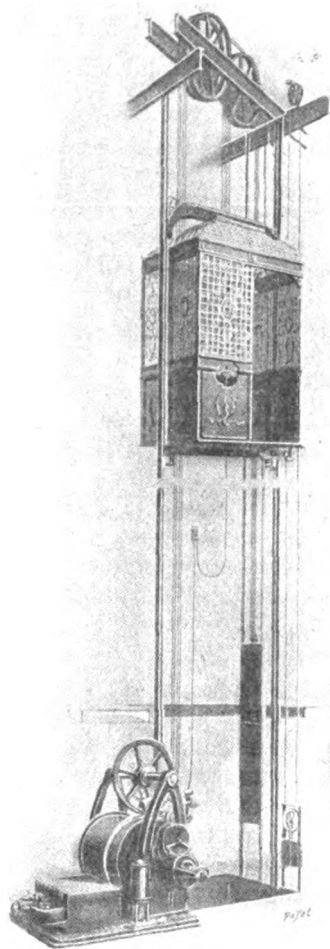


FIG. 85. — Ascenseur électrique. Manœuvre à commutateur. (Système Abel Pifre.)

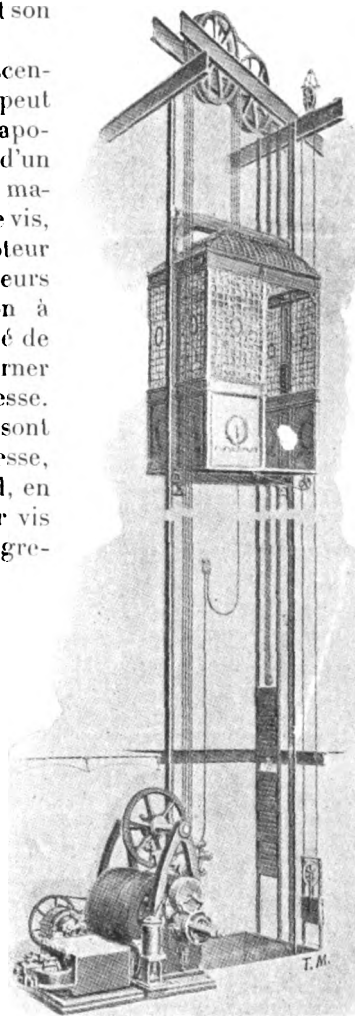


FIG. 86. — Ascenseur électrique. Manœuvre électrique universelle. (Construction Abel Pifre.)

conduite par un moteur électrique dont on inverse le sens de rotation. Un contrepoids équilibrant le poids mort est attaché à une corde fixée aussi à la cabine. L'inverseur est muni d'un levier ou d'un volant. Si on emploie un levier, on le relie à une tringle de commande; si on fait usage d'un volant, une corde de manœuvre, passant dans l'intérieur de la cabine, s'enroule sur ledit volant de manœuvre par l'intermédiaire de poulies de renvoi.

Avec les ascenseurs à tambour double, la cabine est suspendue à un ou plusieurs câbles, qui après avoir passé sur une poulie fixée à la partie supérieure de l'immeuble, viennent s'enrouler sur un treuil installé dans le sous-sol. Un autre tambour à côté du premier reçoit un ou plusieurs câbles, qui passent sur une poulie attachée à la partie supérieure de l'immeuble et maintenant un contrepoids qui a son mouvement inverse de celui de la cabine. Le moteur électrique actionne les tambours dans un sens pour monter et

En Amérique, où les ascenseurs doivent desservir des immeubles à nombreux étages, on a recherché, pour accélérer le service, des **dispositifs de démarrage et d'arrêt rapides**. Deux types d'ascenseurs sont principalement en usage (d'après T.-E. Barnum, Elevator Control. *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*); l'un emploie un moteur à vitesse modérée, accouplé au treuil par un renvoi à vis sans fin, l'autre utilise un moteur à petite vitesse, accouplé directement à l'arbre de l'électro-moteur.

La **transmission à vis sans fin** insérée, dans la première disposition, contre le moteur et le treuil, occasionne nécessairement des pertes mécaniques, qui cependant peuvent être rendues presque insignifiantes avec une bonne transmission, munie de paliers à billes; en outre, le système permet l'emploi de bons moteurs, peu coûteux, ayant un excellent rendement et dont la vitesse est très largement réglable par le champ. Les meilleurs résultats ont généralement été obtenus en réalisant, par le réglage du champ, deux vitesses principales, une vitesse normale et une vitesse maxima, la première moitié de la seconde. Le ralentissement aux arrivées d'étages est produit en introduisant des résistances dans le circuit de l'armature et en la shuntant par une résistance atomique faible.

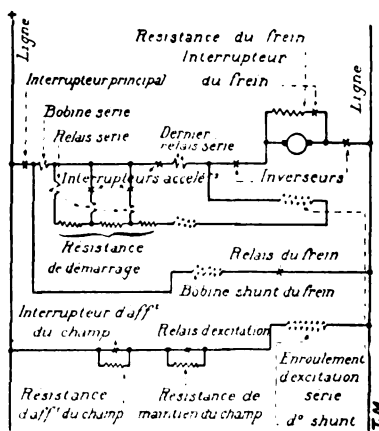


FIG. 87. — Organisation des circuits d'un ascenseur à vis sans fin.

Lequel a sur la première méthode l'avantage d'être indépendant des fluctuations de la tension en ligne. Le circuit d'induit est commandé par un interrupteur principal, trois interrupteurs accélérateurs et inverseurs. Ces organes isolent la ligne, dans leur position d'ouverture, correspondant à la position d'ouverture du combiné, la résistance du circuit induit, l'enroulement du moteur et celui de la bobine-série du frein.

L'enroulement de champ shunt du moteur est partiellement excité dans la position d'ouverture du combiné : il absorbe un courant sur la résistance de maintien du champ dont le relais reste à cette fin ouvert; l'interrupteur d'affaiblissement du champ est par contre fermé; cette disposition a pour but de permettre l'obtention d'un démarrage rapide.

Le frein est dégagé sous l'action d'un électro-aimant à deux enroulements, l'enroulement série prémentionné et un enroulement shunt; les deux enroulements interviennent pour provoquer le levage du frein, mais l'enroulement shunt est seul maintenu en ligne une fois le déblocage opéré.

Le système d'**attaque directe de l'électro-moteur** est principalement employé pour les bâtiments très élevés; il est plus simple que celui à vis sans fin, mais il implique des appareils de contrôle un peu plus complexes, parce que la régulation du moteur demande à être faite avec un peu plus de délicatesse. L'appareil de commande comprend donc un plus grand nombre d'interrupteurs accélérateurs, et en outre, quelques interrup-

teurs de freinage dynamique supplémentaires. Le schéma du montage est représenté (fig. 88).

Comme type d'**ascenseurs électriques pour bateaux**, nous citerons le projet du conseiller royal Röder, à Wiesbaden, étudié pour le gouvernement prussien. Il s'agissait d'élever ou de descendre, à l'écluse de Niederfinow sur le canal de Berlin à Stettin, d'une hauteur de 30 mètres, des bateaux type courant de 65 mètres de longueur, 8 mètres de largeur et 1^m,75 de tirant d'eau. Ce système devait assurer une sécurité de service absolue, une exploitation économique, une faible dépense d'eau et s'adapter parfaitement aux conditions locales.

L'avantage principal du système Röder consiste dans le fait que toutes les communications par portes et toutes les difficultés qui en résultent sont supprimées. La fermeture du bief supérieur se fait par un mur fixe. Au surplus le système fonctionne comme un pont roulant dont la voie de roulement serait supportée, dans le cas présent, par une construction en béton armé. La commande du mécanisme de levage

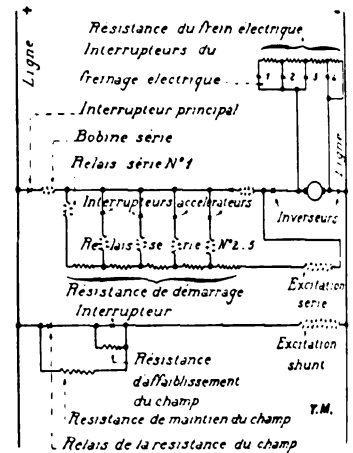


FIG. 88. — Organisation des circuits d'un ascenseur à attaque directe.

de la chambre d'écluse se fait par deux électro-moteurs directement accouplés à l'arbre d'un tambour. Sur le tambour sont fixées les extrémités de quatre câbles, qui sont conduits vers les quatre coins de la chambre d'écluse et supportent celles-ci par des palans à mouflage multiple. La chambre d'écluse repose sur un chevalet de support aussi bien au plan d'eau supérieur qu'au plan d'eau inférieur. Ce chevalet de support est suspendu aux câbles portant des contrepoids. Ces derniers équilibrent, outre le poids du chevalet de support, une partie du poids du réservoir mobile, de façon à diminuer le travail de levage; les contrepoids sont guidés dans les montants de la charpente en béton armé.

La vitesse de translation du chariot roulant est de 4 mètre par seconde, la vitesse de levage ou de descente est de 0^m,20 par seconde. Le réservoir mobile avec son contenu pèse environ 2.200 tonnes. La puissance de chacun des deux moteurs actionnant le tambour atteint 500 HP. Pendant une durée de service de 15 heures, on peut effectuer 30 ascensions complètes. Le viaduc est exécuté en béton armé afin d'opposer des masses aussi grandes que possible aux forces vives importantes. En outre, la construction en béton armé ne nécessite aucun frais d'entretien, contrairement à ce qui a lieu avec les constructions en fer.

Le prix de cet élévateur complet est d'environ 5 millions de francs et le coût du levage d'une tonne utile de 6 fr. 15. La dépense d'eau est d'environ la dixième partie de celle d'une écluse. Le mode d'action du dispositif de levage est le suivant : le bateau à élever du plan d'eau inférieur au plan d'eau supérieur est conduit au-dessus du réservoir mobile, lequel est, dans ce but, descendu dans l'eau à une profondeur suffisante. Le réservoir est ensuite soulevé de sorte que le bateau y flotte. Peu avant la fin de la levée, le chevalet de support sous le réservoir mobile est empêché de poursuivre sa course par des dispositifs d'arrêt placés latéralement. Le réservoir se soulève ensuite encore suffisamment pour qu'il puisse être transporté librement au-dessus du chevalet de support. Puis

le chariot avec le réservoir et le bateau, est conduit au-dessus du deuxième chevalet de support au plan d'eau supérieur, et enfin descendu assez profondément sous le niveau de l'eau pour que le bateau puisse en être retiré librement. Le transport d'un bateau du bief supérieur au bief inférieur s'opère exactement de la même façon.

Dispositifs de sûreté. — Dans les ascenseurs électriques, la question de sécurité est celle qui a le plus préoccupé les constructeurs, en raison des ruptures de courant possibles. Les dispositifs destinés à parer à cet inconvénient consistent dans l'emploi d'appareils disposés sur la cabine et faisant jouer les freins de cette dernière dans le cas d'une accélération anormale de vitesse, de freins mécaniques et électriques agissant directement sur l'électro-moteur, ou de freins automatiques types Mégy.

Pour obtenir les arrêts exacts aux paliers, il est indispensable d'employer un système de freinage arrêtant presque instantanément le moteur électrique. Les freins mécaniques automatiques employés à cet effet, sont le plus souvent constitués par un appareil à bande muni d'un poids agissant sur la jante du manchon d'accouplement de la vis sans fin de l'électro-moteur. L'appareil de manœuvre se trouve alors réduit, dans certains ascenseurs, à un simple interrupteur qui coupe le courant du moteur et du même coup laisse le frein se serrer en produisant l'arrêt, lequel s'obtient en moins d'une seconde. Les freins à bande, tendus à circuit ouvert par un ressort ou un poids et détendus en marche, par un électro-aimant intercalé dans le circuit principal, constituent les freins électro-mécaniques.

Indépendamment des arrêts aux fins de course obtenus à l'aide de la cabine par sa rencontre avec les taquets de fins de course, on dispose des interrupteurs de sûreté mis en mouvement par le treuil lui-même et qui provoquent l'arrêt de l'électro-moteur dès que la cabine a dépassé les points d'arrêts extrêmes ou commandant les contacts des portes palières; dans ce dernier cas, ils sont disposés dans la canalisation de manière à ouvrir le circuit principal se rendant au moteur de commande lorsqu'une porte de cage ou plusieurs se trouvent ouvertes.

La bobine d'attraction de l'interrupteur se trouve disposée dans un circuit qui est fermé par les contacts fixés aux portes de la cage de la cabine et par un commutateur à temps monté sur le démarreur-inverseur. Le circuit n'est fermé que lorsque le démarreur-inverseur se trouve hors circuit, c'est-à-dire lorsque la résistance de démarrage du moteur est complètement montée en rhéostat; le même circuit est relié mécaniquement avec la trajectoire des contacts démarreurs, de manière qu'il s'ouvre au moment où le démarreur a commencé son mouvement, qui produit alors automatiquement la mise en circuit, c'est-à-dire au moment où la résistance de démarrage commence à se mettre hors circuit.

L'ouverture du commutateur à temps est nécessaire, car autrement la mise en marche du moteur pourrait se produire, alors qu'il doit être mis hors circuit, lorsque la résistance de démarrage est court-circuitée, c'est-à-dire lorsque le démarreur-inverseur est soumis à une commande. Si, pendant la marche, une des portes vient à s'ouvrir, le contact de la porte interrompt le circuit de la bobine de l'interrupteur de sûreté: ce dernier coupe le circuit et le moteur ne reçoit plus aucun courant. Si maintenant la porte vient à se refermer, à défaut de l'intervention du commutateur à temps automatique, l'interrupteur de sûreté demeurerait dans le circuit et le moteur recevrait du courant alors que la résistance de démarrage est court-circuitée, ce qui occasionnerait la fusion du coupe-circuit.

Mais dans l'installation comportant le commutateur à temps, pour que le moteur reçoive de nouveau du courant, il faut, au préalable, que le démarreur-inverseur soit amené dans la position zéro; c'est alors seulement que le commutateur à temps se trouve automatiquement fermé et que l'on a la possibilité de voir l'interrupteur de sûreté fonctionner quand le démarreur-inverseur est de nouveau mis en circuit.

Lorsque les portes sont ouvertes, la bobine d'attraction de l'interrupteur de sûreté ne reçoit aucun courant; par suite, le moteur ne peut donc démarrer que si toutes les portes se trouvent fermées.

D'une manière générale, il suffit d'employer des contacts qui sont actionnés par les battants des portes. Si le règlement de police prescrit que la mise en marche de la cabine ne doit être possible que lors de la fermeture complète des verrous des portes, il faut que les contacts soient actionnés par les verrous ou par la chute du pêne. A cet effet, on a construit un contact de porte spécial qui sert en même temps à opérer la fermeture. Comme commutateur à temps, on peut employer un contact de porte, et à cet effet, on le dispose de manière qu'il soit actionné par le poids qui tombe ou par tout autre dispositif d'actionnement.

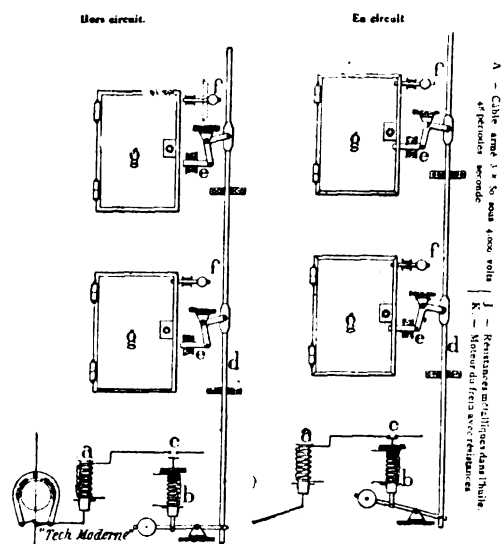


FIG. 89.

a, électro-aimant élévateur du frein. — b, électro-aimant de verrouillage. — c, contact auxiliaire de l'électro-aimant de verrouillage. — d, tige de verrouillage. — e, verrou actionné par la tige a. — f, verrou actionné par la butée de la cabine. — g, portes de la cage d'ascenseur.

Si le règlement de police prescrit que l'ouverture des portes d'accès ne doit être possible qu'après arrêt du moteur, il faut employer un électro-aimant de verrouillage (fig. 89). La bobine de cet électro doit être combinée avec l'électro-élévateur du frein, de manière que ce dernier ne se soulève que lorsque l'électro de verrouillage se trouve attiré, c'est-à-dire quand l'organe de fermeture est tombé.

Mise en mouvement du moteur électrique. — Elle se fait à l'aide du commutateur inverseur à rhéostat, introduisant ou supprimant graduellement des résistances et manœuvré soit par corde, soit par relais, soit par servo-moteur électrique. La résistance de démarrage peut être retirée directement soit par une calaracte hydraulique, soit par un échappement d'horlogerie. Dans les ascenseurs avec servo-moteur, celui-ci reçoit le courant dans un sens ou dans l'autre par des interrupteurs commandés par autant de relais déterminant la montée, l'arrêt à la montée, la descente ou l'arrêt à la descente. Un de ces relais est intercalé dans le circuit des boutons

(montée), deux autres dans les circuits des boutons (arrêt) et le quatrième dans le circuit des boutons (descente). Il y a aussi les circuits de manœuvre reliés à la cabine. Une même boîte d'arrêt dans la cabine contient les boutons correspondant aux manœuvres de descente et de montée.

Pour fixer les idées, nous donnons ci-après la description du système de commande du moteur utilisé dans les ascenseurs Abel Pifre (fig. 90 à 95).

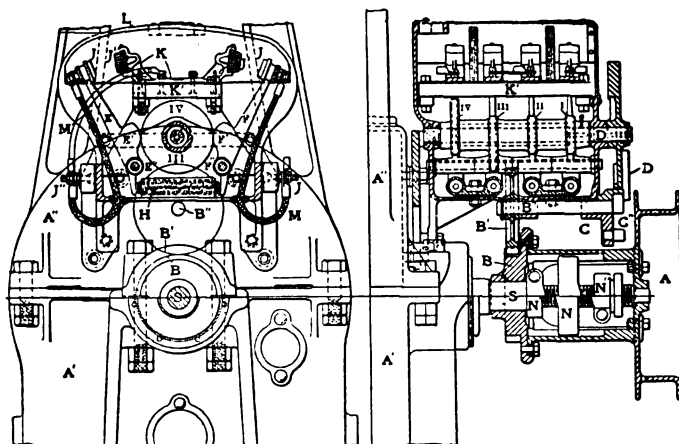


FIG. 90. — Commutateur de renversement et d'arrêt.

Au-dessous du tambour de levage, se trouve une tige horizontale sur laquelle le câble vient s'appuyer quand il mollit et qui ferme alors le contact de serrage des freins. La poulie A et son tambour B (fig. 90), fous sur S, sont commandés, de la came, par le câble de manœuvre et entraînent dans leur rotation la vis S de l'écrou N, qui, aux extrémités de sa course, vient buter contre les écrous N' ou N'' et entraîne alors S dans le mouvement de rotation de la poulie A, et cette rotation commande, par B' B'', la came C à bouton C'' en prise avec les encoches du disque D de l'arbre D'. Cet arbre porte quatre cames I, II, III et IV; les cames III et IV gouvernent le changement de marche de l'électro-moteur et sont décalées de 180°,

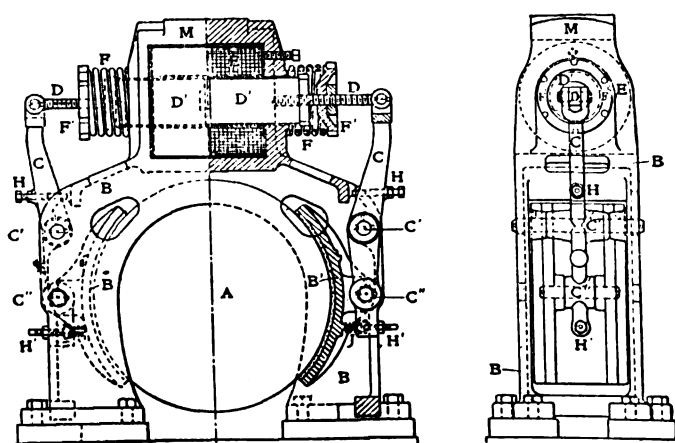


FIG. 91. — Frein électrique.

de sorte que l'arbre D', tournant dans le sens des aiguilles d'une montre, la came III permet au ressort H de fermer, par F, les contacts J et J', tandis que la came IV permet à un autre ressort H de fermer aussi les contacts J et J' du levier E. Ces contacts de F et de E auraient été fermés en ordre inverse si l'on avait tourné D' en sens contraire.

Les cames I et II commandent les commutateurs du circuit

principal et des freins, et fonctionnent de même dans les deux sens. Les sabots BB' (fig. 91) des freins sont constamment serrés par les ressorts FF', dès que l'électro E cesse d'attirer les armatures DD'. Les vis à ressorts H' empêchent les sabots de traîner sur A. Le volant de manœuvre A' de la cabine (fig. 92) commande, par le pignon B et les chaînes B', le renvoi des câbles sans fin CC', DD', EE', dont les poulies DD' sont aux extrémités d'un balancier à poulie L, reliée par la courroie JJ à la poulie A. La tension de ces câbles est maintenue par le contre-poids W en HG. En partant du point O dans le schéma, le circuit de distribution électrique se poursuit par le commutateur de sûreté de la cabine, celui du sous-sol P, celui du mollessement du câble de levé en PO et le fusible A'. Ce circuit reste fermé tant qu'il n'est pas rompu par le commutateur de tension de sa prise à la ligne extérieure, par le contact du câble ou par le commutateur de la cabine. On voit à gauche du schéma, avec ses cames III et IV, la came I du circuit principal et celle II du circuit des freins et de l'accélérateur.

L'accélérateur (fig. 93) se compose d'un long électro-aimant à quatre armatures 1, 2, 3 et 4, dont les distances respectives

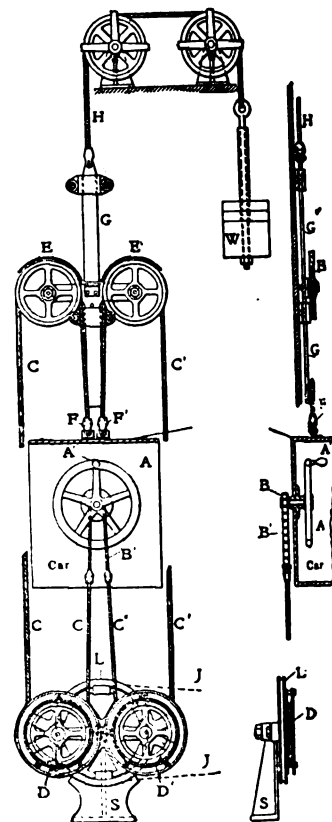


FIG. 92. — Corde de manœuvre.

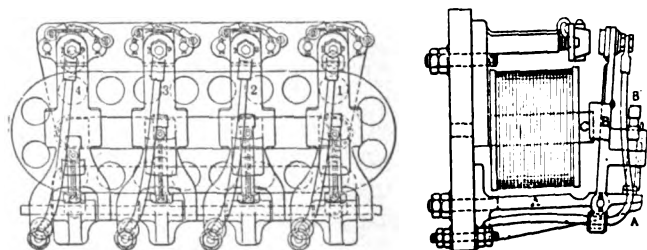


FIG. 93. — Accélérateur.

au pôle P de l'électro-aimant sont réglées par les touches filées B', de manière qu'elles ne soient attirées que successivement, et pour les intensités données du courant dans l'électro. Au départ, les cames II et IV (fig. 95) ferment les circuits du moteur selon le sens désiré pour sa marche, et la came I complète ce circuit et II desserre le frein. Le circuit de l'armature de la dynamo est relié en parallèle avec une partie du rhéostat RL, suivant 4 J, 5 bc, 7 d, de sorte que l'intensité du courant d'armature augmente dans l'électro-accélérateur avec la vitesse de l'armature, qui ferme ainsi successivement ses contacts, de manière à faire rapidement acquérir à la dynamo sa pleine vitesse. Les courants traversent alors tous les fils du circuit dans le sens des flèches du diagramme si l'on ferme 5 et 7

par les cames III et IV. A l'arrêt, les cames ouvrent les circuits dans l'ordre II, I, III et IV. La figure 94 montre comment l'armature A de la dynamo est reliée à l'électro B par le shunt DCE du rhéostat R, de sorte que l'intensité du courant

en B est fonction de la résistance intercalée DE et de la force contre-électromotrice de l'induit ou de sa vitesse, et qu'il est facile de situer le point D, par tâtonnements, de manière que l'accélérateur commence à fonctionner pour une vitesse donnée de l'armature.

Pour opérer la mise en marche des moteurs à collecteur monophasés, à enroulement Deri, qui s'adaptent aussi bien à la commande par

corde, qu'à la commande par bouton électrique, l'action de la corde ou des électros imprime à un bout d'arbre un mouvement

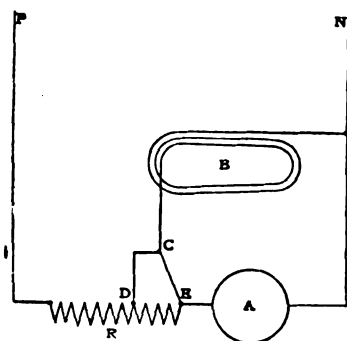


FIG. 94. — Accélérateur.

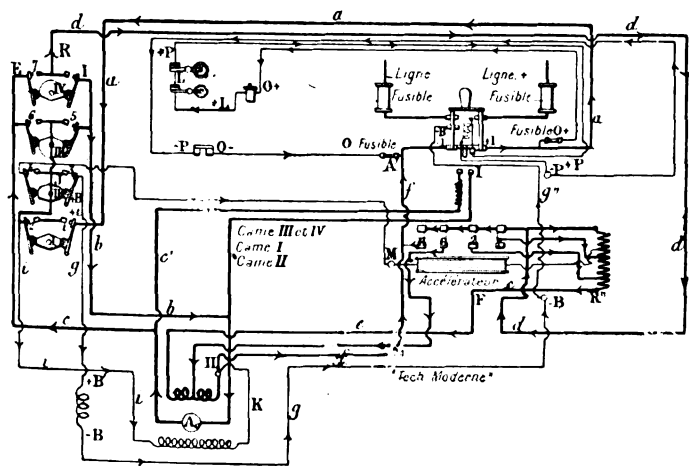


FIG. 95. — Tableau des circuits.

de rotation de 90° (fig. 96) dans un sens ou dans l'autre, suivant la direction désirée, mouvement qui ne sert qu'à fermer l'interrupteur du stator et le commutateur du moteur auxiliaire, ce dernier monté en cascade sur le moteur principal (fig. 95).

Dès que l'interrupteur du stator est fermé, le moteur auxiliaire décale les balais, puis s'arrête faute de courant. Lors de l'arrêt, le mécanisme du frein ou un autre organe tire une corde qui sépare le moteur auxiliaire du support des porte-balais.

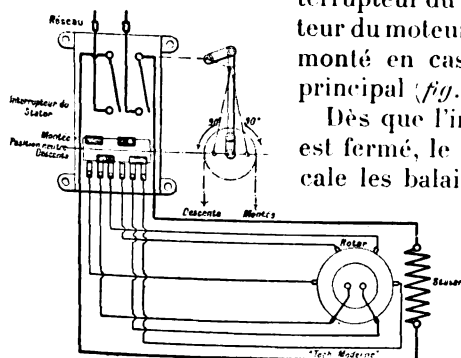


FIG. 96.

lais, de manière qu'un contrepoids, soulevé pendant le premier décalage des balais, les ramène instantanément dans leur position initiale. Le moteur auxiliaire est alors de nouveau prêt à fonctionner et, lorsque le frein se desserre, cette corde se détend et le moteur auxiliaire, par l'entremise de l'appareil, est de nouveau relié au support des balais.

Prix d'installation et dépenses annuelles d'ascenseurs fonctionnant à Paris.

Soit un ascenseur de maison de rapport de cinq étages comportant une hauteur d'ascension de la cabine de 20 mètres.

Nous ne nous occuperons que des deux sortes d'ascenseurs qui remplissent les meilleures conditions de bon fonctionnement, savoir :

L'ascenseur à air comprimé avec piston porte-cabine et compensateur et l'ascenseur électrique à cabine suspendue marchant sur courant continu ou sur courant alternatif.

Les éléments nécessaires pour évaluer la dépense annuelle sont :

1° L'intérêt de la dépense de premier établissement, que nous comptons à 4 0/0 l'an ;

2° La dépense d'air ou d'énergie électrique, basée sur le coût d'une ascension complète et sur un nombre moyen d'ascensions complètes par année.

Nous estimons que, dans une maison de rapport, on peut admettre une moyenne de 30 ascensions complètes par jour, soit 9.000 ascensions pour une année de 300 jours.

3° L'entretien de l'ascenseur. Cet entretien peut comporter seulement une visite et un graissage tous les quinze jours. Généralement, on traite avec le constructeur de l'ascenseur pour un entretien comprenant visite, graissage bimensuel et réparation avec remplacement des pièces usées en service normal, sans factures supplémentaires.

Les prix moyens de premier établissement sont :

Ascenseur aéro-hydraulique à compensateur et avec compteur de parcours	11.200 fr.
Ascenseur aéro-hydraulique à compensateur, avec compteur de volume (ce dernier coûtant environ 400 francs)	11.600
Ascenseur électrique (courant continu)	8.000
— (— alternatif)	8.200

Par suite, le coût d'une ascension complète, comme définie plus haut, revient à :

Ascenseur aéro-hydraulique à compensateur, avec compteur de volume	3 cent, 44
Ascenseur aéro-hydraulique à compensateur, avec compteur de parcours	6 ,22
Ascenseur électrique (courant continu)	1 ,61
— (— alternatif)	2 ,00

(Pour ces derniers, le courant est compté à raison de 3 centimes l'hectowatt-heure)

Le tableau ci-après (p. 52) fixe sur la dépense annuelle d'entretien.

Les ascenseurs à mouvement continu ou à chapelet, dits « Paternoster », consomment environ 1 kilowatt d'énergie électrique par dix à douze cabines, et cette consommation reste à peu près constante à vide ou en charge. Le poids des voyageurs transportés est, en effet, très faible par rapport au poids mort, et de plus ces voyageurs, qui sont les uns dans les cabines ascendantes et les autres dans les cabines descendantes, se font en grande partie équilibre.

Avec les ascenseurs ordinaires ou à cabine unique, destinés à transporter un grand nombre de voyageurs, il est indispensable de faire accompagner cette cabine par un conducteur ; de plus, le nombre des voyages effectués par un tel ascenseur est relativement faible, en raison des pertes de temps multiples à l'entrée et à la sortie des voyageurs aux stations, du fait de

la manœuvre des portes, de la mise en route, etc. Un ascenseur Paternoster équivaut au moins à deux ascenseurs à cabine unique. En admettant que ces derniers soient placés dans des conditions exceptionnellement favorables au point de vue de la consommation d'énergie, les dépenses d'exploitation du Paternoster, qui se composent uniquement du prix de l'énergie consommée, sont au moins quatre fois moindres que celles des ascenseurs ordinaires de même capacité, dont il faut en outre payer les conducteurs.

NATURE de L'ASCENSEUR	PRIX de PREMIER éta- blissement	PRIX d'UNE ASCENSION complète de 20 mètres	INTERET A 4 0/0 de la DÉPENSE DE PREMIER établissement	PRIX de 9,000 ASCENSIONS par année	ENTRETIEN ANNUEL COMPLET	TOTAL DES FRAIS annuels
	fr.	cent.	fr.	fr.	fr.	fr.
Ascenseur à air et à compensateur avec compteur de volume.....	11,600	3,44	464	310	300	1,074 (1)
Ascenseur à air et à compensateur avec compteur de parcours....	11,200	6,72	448	560	300	1,308
Ascenseur électrique à courant continu.....	8,000	1,61	320	145	300	765
Ascenseur électrique à courant alternatif.....	8,200	2,60	328	180	300	808

(1) Ce prix peut être augmenté s'il se produit des fuites qui sont enregistrées par le compteur de volume, et il faut également tenir compte des frais de réparations du compteur.

Règlement sur les ascenseurs pour immeubles (1)

Le Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine a adopté, dans sa séance du 24 juillet 1903, un règlement concernant le fonctionnement des ascenseurs, élaboré par M. Walckenaer, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Nous donnons une analyse de ce règlement, en raison de l'utilité qu'il présente pour la sécurité des personnes et les constructeurs d'ascenseurs.

Le titre premier a trait aux conditions générales de construction des ascenseurs à piston porte-cabine et des ascenseurs à cabine suspendue. Pour les premiers, il est indiqué que les résistances du cylindre et du piston doivent être assurées, même dans le cas où les chaînes d'équilibre viendraient à se rompre, et dans tous les cas le nécessaire doit être fait pour éviter la corrosion du cylindre, ainsi que toute introduction d'air dans le cylindre du piston porte-cabine, quoi qu'il arrive.

En particulier, dans les ascenseurs *aéro-hydrauliques*, il est imposé de séparer matériellement la capacité dans laquelle travaille l'air comprimé de celle où se trouve emprisonnée la masse d'eau, agissant directement sur le piston porte-cabine, de façon qu'il ne puisse, en aucun cas, se produire aucune fuite de la première de ces capacités vers la seconde. De plus, il est recommandé de faire agir la manœuvre, non seulement sur les soupapes d'admission et d'échappement d'air comprimé, mais en même temps sur un distributeur commandant le passage du liquide. En outre, des précautions spéciales doivent être prises, pour empêcher les mouvements à contre-sens lorsqu'on ouvre les distributeurs.

Enfin le tuyau, par lequel l'eau qui agit directement sur le piston porte-cabine débouche dans le cylindre de celui-ci, doit être d'assez petite section pour s'opposer à un mouvement trop rapide.

Les ascenseurs de la seconde classe sont réglementés comme suit : munir ces engins de dispositifs tendant à éviter toute dérive, tout excès de vitesse, et à assurer la précision des arrêts de fin de course fonctionnant

automatiquement et indépendamment du système de manœuvre. Les câbles, leurs attaches, les diverses parties du système moteur doivent offrir individuellement toute garantie de résistance, et les rayons d'enroulement des câbles, doivent être assez grands pour ménager leur fatigue. L'arrêt automatique du moteur doit entrer en jeu, dès que le câble prend du mou.

En ce qui concerne les *ascenseurs électriques*, il est spécifié un isolement parfait de tous les appareils susceptibles de se trouver en communication avec les conducteurs du courant, et une grande surface de contact à la terre pour le treuil et les guidages, de façon à éviter toute différence de potentiel, dangereuse entre eux et les objets environnants.

Le titre deuxième concerne les dispositifs de manœuvre, tant pour les ascenseurs fonctionnant par les soins d'un préposé, que pour les ascenseurs laissés à la disposition des voyageurs.

Il est recommandé de munir les premiers de portes ou grilles palières, de serrures ne pouvant être ouvertes que par la clef du préposé et que la commande ne puisse se faire que de l'intérieur de la cabine et par les soins du préposé seul. Celui-ci, pendant le mouvement, doit tenir la cabine fermée, à moins que le côté ouvert de la cabine ne défile, sur toute la hauteur de sa course, au ras d'une paroi continue et lisse ou d'un ensemble de cloisons, de panneaux protecteurs et de portes ou grilles palières fermées, équivalant, pour la sécurité, à une paroi continue et lisse. Enfin l'ascenseur, en l'absence du préposé, ne peut être utilisé par qui que ce soit.

Les ascenseurs manœuvrés par les voyageurs doivent comporter des condamnations de manœuvre disposées à tous les étages, de façon que, si l'une quelconque des portes ou grilles palières ne se trouve pas exactement fermée, la mise en mouvement de l'ascenseur ne puisse avoir lieu, tout en laissant l'arrêt néanmoins toujours possible. Chaque condamnation de manœuvre doit entrer en jeu par un minime déplacement de la porte ou de la grille palière, avant que le pêne de la serrure de sûreté cesse d'être en position de venir en prise dans sa gâche. Dans les ascenseurs électriques les condamnations de manœuvre doivent satisfaire non seulement aux conditions ci-dessus, mais encore il faut que l'entre-bâillement de l'une quelconque des portes ou grilles palières arrête automatiquement et instantanément tout mouvement de l'ascenseur, même en mouvement commencé. Il est bon, en même temps, que le côté de la cabine où se trouve la porte défile, sur toute la hauteur de sa course, devant une paroi continue et lisse comme il est parlé plus haut. En tout cas, il faut que la mise en montée ne puisse avoir lieu qu'après la fermeture de la porte de la cabine et que l'ouverture de cette porte arrête automatiquement l'ascension.

Il est en outre spécifié que le mécanisme de la commande doit être tel que la manœuvre automatique d'arrêt ne puisse en aucun cas produire une chasse de ce mécanisme, par suite de laquelle l'arrêt serait suivi d'un démarrage intempestif. Enfin, il est essentiel que, sur les boîtes à toe commandant les arrêts automatiques aux étages, les poussoirs soient numérotés très visiblement et dans un sens uniforme, de gauche à droite et de bas en haut. Il est bon aussi que l'ouverture de la porte de la cabine ne puisse faire manquer un arrêt.

Le titre troisième et dernier vise certaines prescriptions, telles que l'installation d'un éclairage convenable des cabines, de dispositifs d'appel au concierge, de dispositifs protecteurs mettant les personnes placées à proximité du chemin de l'ascenseur à l'abri de toute atteinte de la cabine pendant son mouvement ou des autres parties mobiles du système. A ce sujet, dans le cas où une mise en mouvement intempestive resterait possible, nonobstant toutes les précautions prises, il convient d'éviter dans la construction toute traverse, formant linteau directement au-dessus de la cabine.

Il va sans dire qu'il est recommandé d'entretenir en bon état et avec un soin tout spécial toutes les parties du système, et en particulier, les câbles remplacés en temps utile.

A titre de mesures preventives concernant les usagers d'un ascenseur, il leur est spécifié de s'abstenir de toute précipitation, de ne jamais ouvrir une porte ou grille palière sans que la cabine soit arrêtée à l'étage correspondant, de ne pas chercher à sortir de la cabine ou à y entrer sans que le système soit immobilisé et ne mettre l'appareil en mouvement qu'à bon escient et avec prudence.

Il serait on ne peut plus désirable, pour une ville comme Paris, où l'usage des ascenseurs va sans cesse en se développant, entraînant malheureusement, de temps à autre, de douloureuses catastrophes, qu'une telle réglementation fût sévèrement appliquée. C'est dans cet esprit que nous avons nous-même, à un moment donné, réclamé un service d'inspection, tant pour la réception des appareils avant leur mise en service que pour les visites à faire dans les immeubles, à l'effet d'en constater le bon fonctionnement et d'assurer l'observation stricte des mesures réglementaires.

(1) *Bulletin municipal* du 3 août 1903.

Escaliers mobiles. — Il faut signaler, comme compléments des ascenseurs, les tapis roulants et escaliers mobiles.

Le tapis roulant, constitué par une courroie sans fin qu'entraîne un tambour à la partie supérieure et qui repose sur des rouleaux sustentateurs, peut rendre de grands services dans une installation de moyenne importance au point de vue débit, mais est incapable d'effectuer un service chargé.

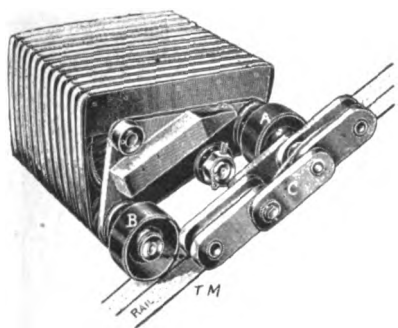


FIG. 97. — Détail d'une marche de l'escalier mobile.

L'escalier mobile conçu par M. Hocquart (fig. 97 et 98) offre un maximum de sécurité, le pied du voyageur reposant sur un plan horizontal. Les marches sont constituées par des éléments à faces verticales, parallèles les uns aux autres, de 24 millimètres d'épaisseur. Les éléments comportent à la partie inférieure des renflements. Les renflements correspondants de deux éléments adjacents sont distants de 2 millimètres.

Les planchers des deux étages reliés par l'escalier sont pourvus d'un peigne métallique de même largeur que les marches; les vides de ce peigne correspondent aux parties pleines des éléments des marches.

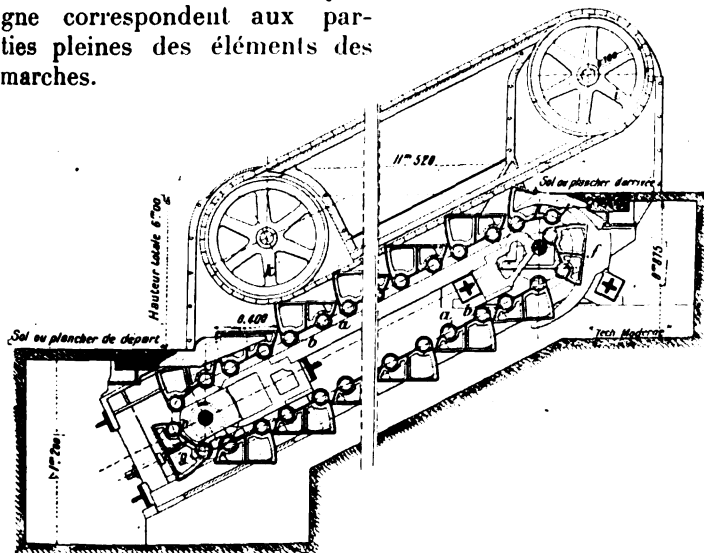


FIG. 98. — Escalier mobile. (Système Hocquart.)

Les 50 éléments d'une même marche sont montés sur deux axes a et b . De chaque côté de l'ensemble se trouve un élément c qui sert au guidage des marches; il porte une saillie d , d'environ 35 millimètres d'épaisseur qui, par sa face latérale, règle la direction des marches, le long de deux cornières assemblées aux longerons, et assure leur pénétration correcte dans les peignes des paliers. Les éléments portent à leur partie supérieure un évidement en queue d'aronde dans lequel est coulé un ciment mélangé de carborundum.

Le rail de roulement se termine brusquement, à sa partie supérieure, par une courbe d'un profil spécialement étudié. La marche, en pénétrant dans le peigne, prend une inclinaison progressive et dépose automatiquement le voyageur sur le palier d'arrivée, en évitant que, si celui-ci ne fait pas, à la sortie de l'escalier, un pas en avant pour prendre pied sur la partie fixe du palier, il ait les talons poussés à l'arrière par les marches.

Dès que la marche a disparu, elle accuse son inclinaison en commençant son mouvement de bascule, qui est réglé, par la came f . Peu de temps après que la chaîne Galle a quitté la roue, les galets de l'essieu arrière, qui précédemment étaient suspendus, viennent en contact avec le rail inférieur, et la marche se trouve suspendue par ses deux essieux.

L'escalier étant renversé pendant la descente, chaque marche reprend sa position normale à la partie inférieure de la façon suivante: l'essieu avant, solidaire de la chaîne, parcourt la roue conductrice; l'essieu arrière est maintenu, sur un parcours circulaire d'environ 90°, par un prolongement g du rail inférieur, qui constitue en cet endroit un chemin de roulement concentrique à la roue dentée, et par la came h qui affecte une forme analogue. La marche accomplit dans ces conditions une simple demi-révolution autour de l'axe de la roue précédente.

Au palier de départ, la came assure le guidage de l'essieu arrière, de façon à ce que la marche reprenne sa position horizontale à l'instant où elle va s'engager dans le peigne. Le ressaut de la came a pour but de faire apparaître franchement la marche à la sortie du peigne, qui a été limitée à l'avant par une sorte de contre-marche convexe, de manière à bien montrer au voyageur qui s'engage sur l'escalier le point où il doit poser le pied.

Un sérieux avantage de cet appareil est son grand débit (10.000 personnes à l'heure) et sa faible consommation d'énergie.

L'escalier mobile du Métropolitain à la station Château-Landon mesurant 8^m,50 de hauteur, 1^m,30 de largeur, revient à 8 fr. 75 pour un fonctionnement de vingt heures.

MONTE-CHARGES

Un monte-charge est constitué par l'ensemble des appareils qui permettent d'élever verticalement un fardeau placé sur un plateau ou dans une cage couissant dans des guidages. Dans tous les appareils on trouve: le treuil avec ses parties accessoires, les appareils de manœuvre et de sécurité, la benne et le contrepoids, la charpente de guidage et les barrières.

On distingue les monte-charges à bras et les monte-charges à moteur.

Mais de façon générale, on peut classer les appareils comme suit:

1° *Monte-charge à simple benne non équilibrée.* — Le treuil doit élever la charge utilisée P placée dans la benne, le poids de la benne p et le poids de la chaîne ou garant p' . Il y a en outre à vaincre les frottements f dus aux renvois et aux guidages.

Si v est la vitesse par seconde de la charge, le treuil doit développer à la montée une puissance T égale à:

$$T = (P + p + p' + f) v.$$

2° *Monte-charge à simple benne équilibrée.* — On équilibre généralement, avec un contrepoids, non seulement la benne, mais encore la moitié de la charge utile.

Alors on a:

$$T = \left(\frac{P}{2} + p' + f \right) v.$$

Malgré le contrepoids et les renvois supplémentaires exigés par cette disposition, elle est beaucoup plus rationnelle que la précédente, puisqu'elle conduit à un treuil d'une importance notablement moindre. A moins de considérations spéciales, on doit toujours suréquilibrer les monte-charges à simple benne.

3° *Monte-charge à double benne.* — Les deux bennes s'équilibrent et le travail au treuil, sur la chaîne ou le garant, est dans les conditions les plus favorables, avec une benne descendant à vide et la benne conjuguée montant avec la charge maximum :

$$T = P \div p' + f) v.$$

Monte-charges à bras. — Le plus simple de ces appareils est le monte-charge des maçons, qui consiste en un treuil à engrenages fixé sur une poutre en bois, la chaîne recevant un panier ou un seau contenant la charge, ou celle-ci étant directement attachée à la chaîne. La commande se donne à la main à l'aide d'une corde ou d'une manivelle.

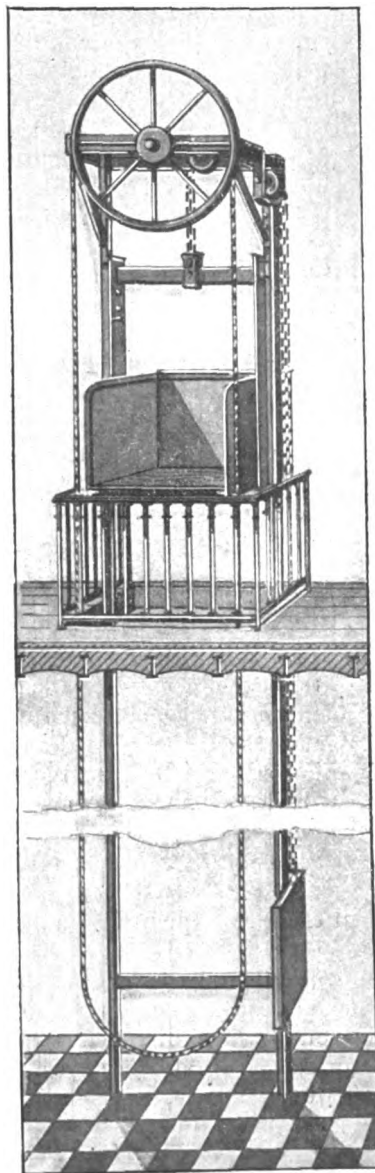


FIG. 99. — Monte-charge à bras. Puissance 50 kilogrammes. (Système Abel Pifre.)

Les monte-charges commandés par corde (fig. 99), avec contrepoids et frein pour la descente rapide, sont d'un usage assez courant ; ils peuvent se manœuvrer indistinctement à chaque étage. La corde se retroussse, s'accroche et ne gêne en rien le chargement et le déchargement ; ces appareils rendent des services pour les marchandises ne devant pas être transportées à une grande hauteur. La largeur ordinaire des caisses ou bennes varie de 0^m,80 à 1^m,30 selon la charge, qui va de 50 à 600 kilogrammes.

Dans cette catégorie de monte-charges, on trouve les monte-plats, les monte-lettres, les monte-papiers, où la cage est ordinairement suspendue sur deux cordes sans fin passant sur des poulies disposées sur des traverses en haut et en bas de la course et dont une de ces cordes reçoit un contrepoids. Un tendeur sert à régler la tension de la corde et des tampons ou des ressorts amortissent le choc en haut et en bas.

Les monte-plats avec frein automatique continu s'arrêtent instantanément dès qu'on abandonne la corde de manœuvre. L'application de cet arrêt est d'ailleurs indispensable aux appareils desservant plusieurs étages.

Les monte-charges à bras à treuil et à manivelle (fig. 100) se font avec contrepoids et freins pour la descente rapide. Ils sont avantageux lorsque la manœuvre n'est pas exigible à chaque étage. Le treuil à deux vitesses est d'un bon rendement pour les petites et les lourdes charges. Quand aucun mécanisme ne doit exister à l'étage d'arrivée, on dispose

l'appareil pour que le plateau étant remonté, celui-ci ferme l'ouverture et se trouve de niveau avec le plancher. Placé dans les maisons d'habitation, il est très commode pour la descente en cave des vins, des bois et du charbon. Ces engins

se construisent pour des forces de 100 à 800 kilogrammes et la largeur des bennes varie de 0^m,80 à 1^m,40.

Ces appareils peuvent se commander soit au moyen d'un treuil d'applique placé en un des points quelconques de la course, soit à l'aide d'un treuil disposé à la partie supérieure de l'appareil et actionné par chaînes pendantes. Ils sont, ou appuyés contre le mur d'un bâtiment, d'un hangar, ou indépendants.

Dans ce dernier cas, ils comportent quatre montants servant de guides au plateau supportant la charge.

Le plateau ou la benne est maintenu soit par deux chaînes, soit par une seule chaîne munie d'un contrepoids.

Si on n'emploie qu'une seule chaîne, celle-ci passe sur une poulie de sécurité, et si la chaîne vient à se rompre, la poulie retient le plateau, l'accompagne sans secousse à une vitesse régulière et prévient jusqu'au bas de sa course sans accident ni choc nuisible.

Monte-charges mécaniques. — Ces appareils sont le plus souvent actionnés par courroies, la commande peut être électrique.

Les treuils sont à vis et à tambour ou à noix.

Dans le premier cas, la vis engrène avec une roue hélicoïdale portée par l'arbre du tambour, autour duquel s'enroule une chaîne ou un câble en fils d'acier. On donne à la vis un pas assez grand pour que la charge puisse être maintenue sus-

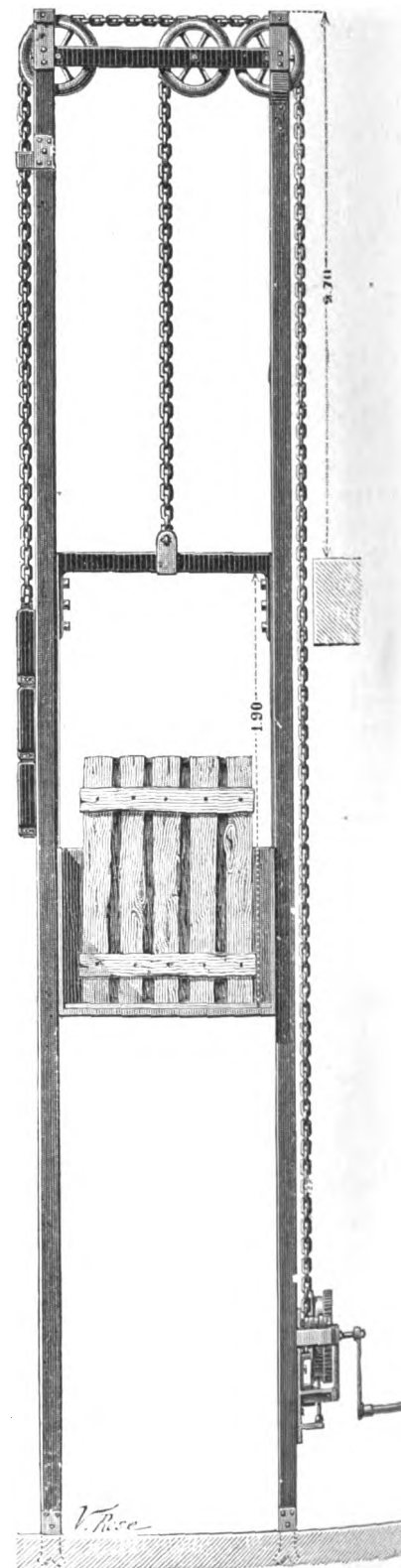


FIG. 100. — Monte-charge à treuil et manivelle (Jomain, constructeur.)

pendue dès que le treuil est arrêté. Sur l'arbre de commande, sont les poulies folles et la poulie fixe. Les monte-courroies sont manœuvrés à l'aide d'une tige par l'intermédiaire d'une roue d'angle ; lorsqu'on abaisse cette tige, le mouvement est transmis par une corde à une poulie à gorges et par les roues d'angle aux monte-courroies. Il en résulte que la courroie est placée sur la poulie fixe, et celle-ci tourne de façon à ce que le câble se déroule du tambour, et la benne du monte-

charge est soulevée. En relevant complètement la tige de réglage, on amène la deuxième courroie sur la deuxième poulie ; celle-ci tourne alors dans le sens opposé et la cage est abaissée. Lorsque la courroie quitte la poulie fixe, un contrepoids agit sur un frein empêchant cette poulie de tourner sur la tige de réglage. On dispose de haut en bas des taquets limitant la course de la benne et contre lesquels celle-ci vient se buter lorsqu'elle arrive dans ses positions extrêmes. Dans certains appareils, outre les crémaillères fixées sur les montants de guidage de la cabine, on loge un guidage en spirale sur un montant latéral régnant sur toute la hauteur de l'appareil et des galets fixés à la cabine frottent contre la spirale. Lorsque la benne descend trop rapidement, les galets s'engagent dans les chemins formés par la spirale et arrêtent la benne.

Un système mixte consiste à attaquer le treuil, du type applique et à noix par exemple, par un moteur électrique disposé en bas du monte-charge. Le treuil est fixé en un point quelconque de la course de l'appareil.

L'électro-moteur tournant toujours dans le même sens, le renversement de marche se fait par la transmission mécanique. Le treuil est actionné par une double courroie, l'une droite et l'autre croisée, pouvant agir à tour de rôle sur la poulie fixe entourée par les deux poulies folles. Le brin de traction de la chaîne de levage passe sur des poulies à empreintes fixées sur la traverse supérieure de l'appareil, puis sur la poulie de la benne pour repasser sur d'autres poulies disposées à la partie supérieure et supporter un contrepoids. Le brin libre, conduit par un guide-chaîne, se développe dans le bâti du treuil.

A l'aide d'une tringle de manœuvre, on déplace le guide-

courroie dans un sens ou dans l'autre pour embrayer sur la poulie fixe l'une ou l'autre courroie, suivant que l'on désire obtenir la montée ou la descente. Dans la position moyenne,

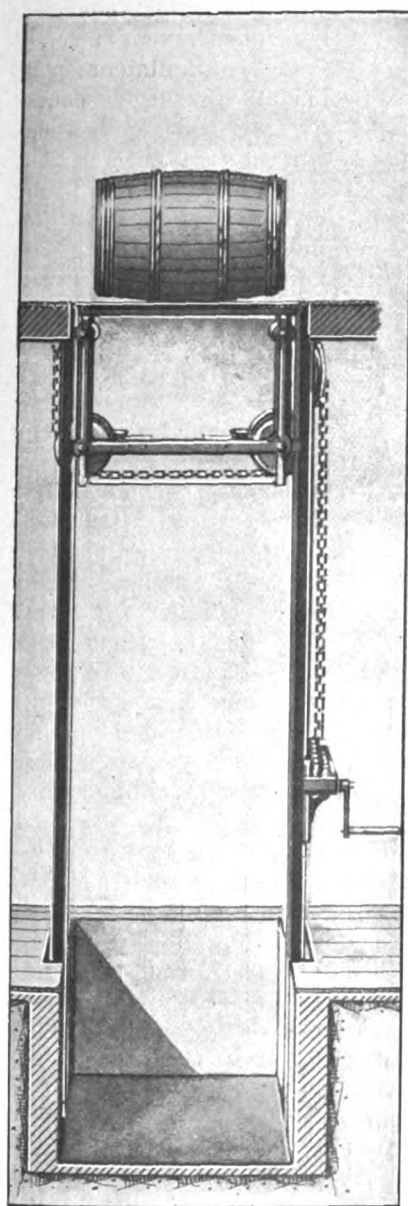


FIG. 101. — Monte-charge à treuil à manivelle avec plateau commandé du dessus et ne dépassant pas le sol à l'étage d'arrivée. (Construction Abel Pifre.)

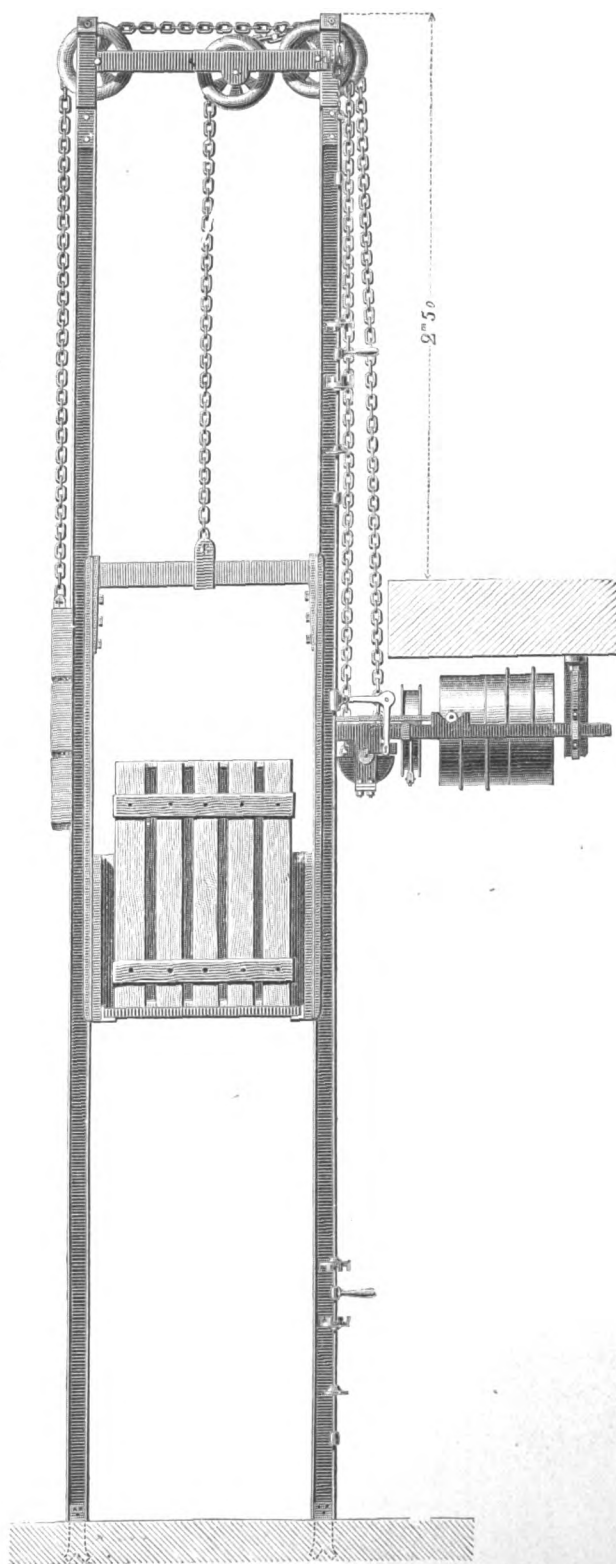


FIG. 102. — Monte-charge à courroie. (Jomain, constructeur.)

c'est-à-dire lorsque les deux courroies sont sur leur poulie respective, le frein est mis en action et immobilise la benne. La tringle de manœuvre peut être manœuvrée soit de la cage, soit du sol ou des étages. On fait aussi la mise en marche au moyen d'un levier manœuvré à la main, avec disposition d'arrêt au-

tomatique agissant sur ce levier au cas où l'ouvrier oublie de manœuvrer et de dégager le galet pour descendre la courroie.

Monte-charges électriques. — Les monte-charges électriques pour les petites charges possèdent un système de commande électrique très simple. L'électro-moteur actionné par une vis sans fin un arbre qui reçoit une poulie à gorge, sur laquelle s'enroule une corde portant à l'une de ses extrémités la benne et à l'autre le contrepoids. La friction de la corde sur la poulie est suffisante pour éviter le glissement. Entre la vis sans fin et l'électro-moteur est calée, sur l'arbre commun, une poulie sur laquelle agit un frein à sabot ou à collier, qui peut être actionné de chaque étage à l'aide d'une corde

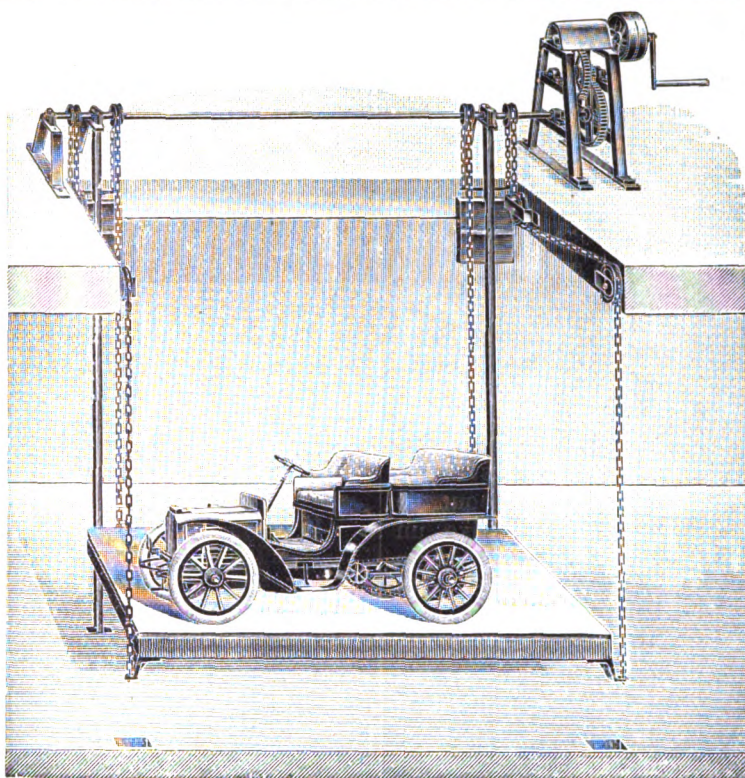


FIG. 103. — Monte-voiture à treuil. (Jomain, constructeur.)

passant sur une poulie. Le même mouvement de la corde et de la poulie manœuvre en même temps l'appareil de mise en marche et de changement de rotation du moteur. Le frein n'agit que lorsque le moteur est mis hors circuit.

L'arrêt automatique s'obtient facilement aux étages extrêmes avec la commande par boutons et à tous les étages par la commande avec tringle ou corde.

Au delà de 20 à 25 centimètres de vitesse de la charge par seconde, l'arrêt automatique n'est plus assez précis pour la manutention des wagonnets pénétrant dans la benne. Il faut alors recourir à l'arrêt à la main avec affleurement par pointage, ce qui s'obtient facilement avec une commande à deux boutons, un pour la montée, l'autre pour la descente, et sur lesquels on appuie durant tout le temps que dure la manœuvre.

Avec la manœuvre à boutons, à chaque étage on dispose un manipulateur à

départ, d'exercer une pression sur l'un des deux boutons montée ou descente et le bouton d'arrêt permet de stopper le treuil en un point quelconque de la course. Ces relais de montée et de descente portent en outre des contacts pour freinage électrique à l'arrêt.

Le commutateur pour l'arrêt aux fins de course et l'interrupteur de sécurité sont actionnés par des tocs fixés sur la benne et le contrepoids; le premier coupe le circuit de l'électro de relais correspondant; le deuxième, qui ne fonctionne qu'en cas exceptionnel où le premier n'a pas agi, rompt le circuit principal et produit un freinage électrique.

Lorsque la commande se fait par corde ou tringle, le manipulateur à trois boutons est remplacé par un

commutateur spécial et les arrêts automatiques aux étages s'obtiennent en faisant agir, sur des tocs convenablement répartis sur la tringle, des doigts montés dans une boîte portée par la benne. Les doigts correspondant aux étages extrêmes sont toujours armés, les autres sont éclipables à volonté. Le conducteur du monte-charge n'a à agir que sur les boutons ou la tringle, à armer s'il y a lieu le doigt de la cabine correspondant à l'étage auquel il désire envoyer la benne.

Les treuils électriques pour monte-charges sont à chaînes ou à câbles, mais toutes conditions égales, les treuils à chaînes sont moins coûteux que ceux à câbles. Avec la chaîne, la vitesse de montée est limitée par des considérations d'engrènement des maillons sur la noix ou le pignon. Le câble, au contraire, se prête bien aux grandes vitesses. On emploie comme organes flexibles, les chaînes calibrées en ferrond, les chaînes Galle, les câbles ronds et les câbles plats. Pour les chaînes Galle et les câbles plats, tous les renvois doivent être situés dans un même plan et l'emploi du câble plat est avantageux lorsque les efforts à exercer sont importants.

Le treuil comporte les organes essentiels suivants : un moteur ordinaire ou blindé, un réducteur à vis sans fin pour les treuils ordinaires et avec un train d'engrenages pour les appareils plus puissants, un tambour, noix ou pignon, un frein électromagnétique de sécurité donnant à la vis l'appoint nécessaire pour la rendre irréversible. Ce frein vient frotter sur la jante d'une poulie calée sur l'arbre de la vis, dès que, pour une cause normale ou accidentelle, l'induit du moteur n'est plus traversé par aucun courant. Certains modèles de treuil sont munis d'un limiteur d'effort.

La position la plus avantageuse à donner au treuil est à la partie supérieure de la charpente de guidage de la benne. Le nombre des renvois et la longueur de l'organe flexible, dans ce cas, sont réduits au minimum.

La forme et les dimensions de la benne, de la charpente de guidage et des barrières varient suivant les emplacements dont on dispose et suivant le service à assurer.

Le plus souvent, la charpente est constituée par un assem-

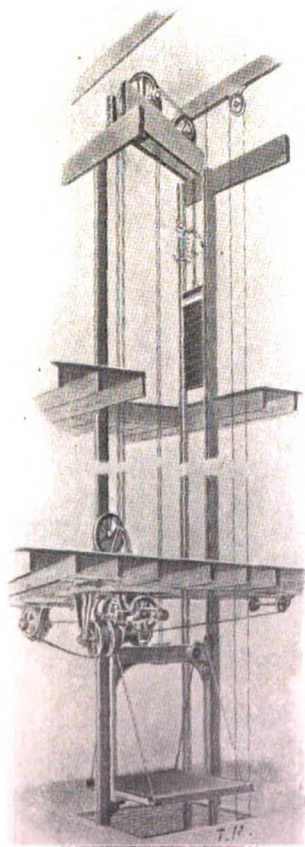


FIG. 104. — Monte-charge à transmission. (Construction Abel Pifre.)

trois boutons « montée », « descente », « arrêt ». Il suffit, au

blage de fers profilés du commerce, cornière, fers à U, fers à T, etc. L'emploi de galets de roulement, au lieu de guidage à glissement, complique l'installation et n'améliore pas sensiblement le fonctionnement.

Les barrières doivent être établies de façon qu'on ne puisse mettre en marche qu'autant qu'elles sont fermées et qu'on ne puisse les ouvrir que si la benne est en face de l'étage cor-

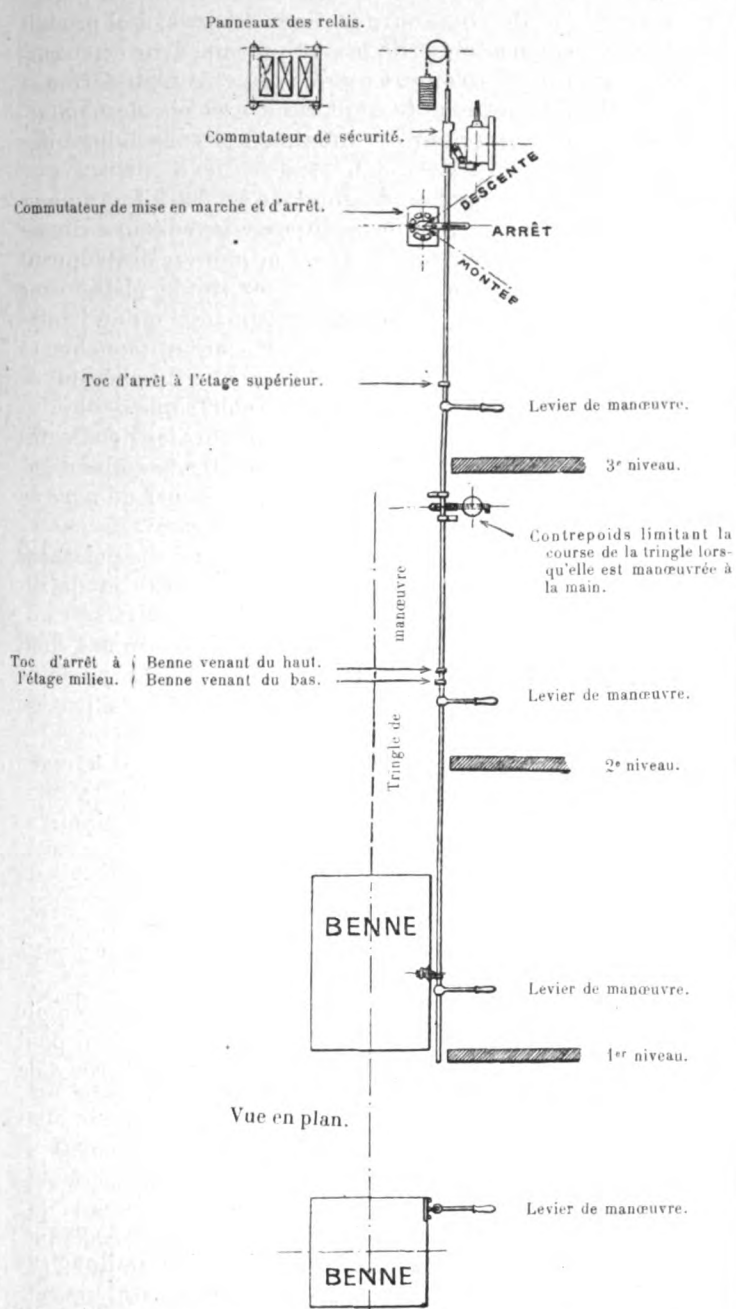


FIG. 105. — Monte-charge électrique. Appareil de manœuvre pour la commande par tringle (monte-charge desservant 3 niveaux).

respondant. Le premier verrouillage se fait électriquement et le deuxième se réalise à l'aide d'organes mécaniques et d'une façon automatique.

Quelquefois les mouvements de montée et de descente sont reproduits en grandeur, pour la période extrême de chaque course, sur une échelle graduée, par un système d'index dont l'un est manœuvré par la benne elle-même et l'autre par le contrepoids. Il permet ainsi au mécanicien de faire les manœuvres pour l'arrêt très exactement.

Les monte-charges pour automobiles de la Société d'Oerlikon

ne comportent ni chaîne, ni câble, et n'exigent pour leur installation, en dehors de la cage proprement dite, aucun autre espace que celui qui est nécessaire au déplacement de la plate-forme. Cette dernière porte tout le mécanisme moteur

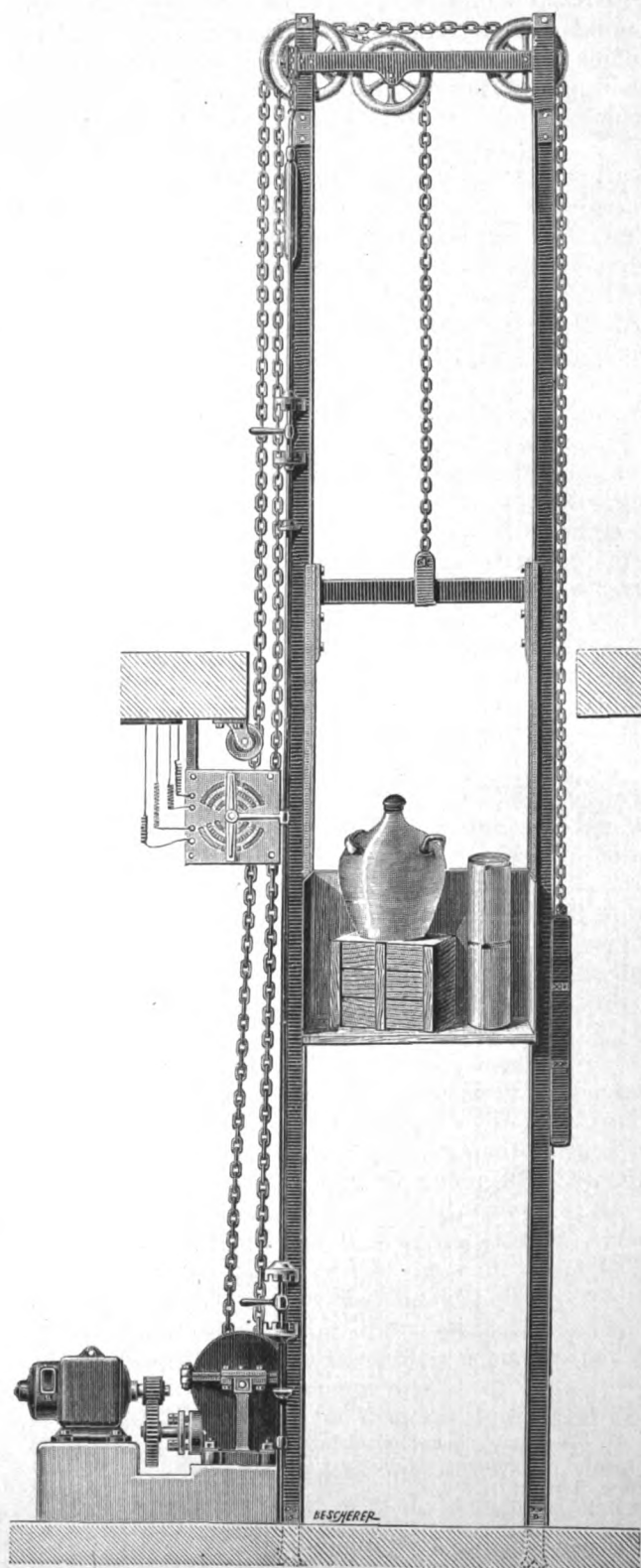


FIG. 106. — Monte-charge électrique. (Jomain, constructeur.)

qui participe ainsi à ses mouvements de montée et de descente. L'arbre de l'électro-moteur porte, de chaque côté, deux vis sans fin, engrenant avec deux roues hélicoïdales; deux autres roues, montées sur le même arbre, engrenent avec

deux crémaillères disposées de chaque côté de la cage et sur toute la hauteur du monte-charge. La manœuvre se fait soit depuis le palier supérieur, soit depuis le palier inférieur, soit enfin du monte-charge lui-même. L'axe de ce moteur porte un frein à rouleau actionné par un levier pour l'arrêt volontaire et qui agit automatiquement dès que le courant est interrompu. Ces appareils sont utilisés pour des déplacements de grande hauteur et pour des vitesses allant jusqu'à 0^m,50 par seconde.

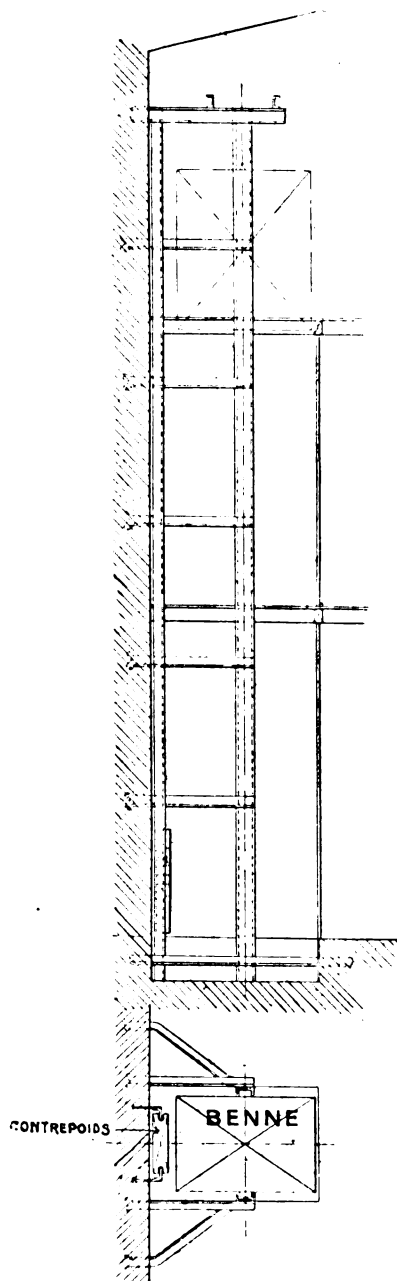


FIG. 107. — Monte-charge électrique. Charpente de guidage. (Construction Sautter, Harlé et C^{ie}.)

voie perpendiculaire à celle sur laquelle les wagons doivent être dirigés à l'étage supérieur, on dispose l'appareil avec plaque tournante. L'engin se compose alors d'une plate-forme tournante, reposant sur une poutrelle circulaire, à laquelle sont fixés les paliers des axes des galets. Ceux-ci roulent sur une voie circulaire fixe et la plate-forme est guidée dans son mouvement de rotation par un pivot central. Le mouvement est communiqué à ce dernier, par l'intermédiaire d'un pignon

Pour les **monte-wagons**, **monte-voitures**, le moteur électrique, disposé avec ses appareils de commande sur la plate-forme supérieure, transmet son mouvement à un arbre transversal au moyen d'une vis sans fin formant frein d'arrêt. Cet arbre communique son mouvement, par l'intermédiaire d'engrenages d'angle, à deux arbres longitudinaux qui portent, à chacune de leurs extrémités et directement au-dessus des piliers guides, une roue dentée sur laquelle s'enroule une chaîne s'accrochant d'un bout à l'angle correspondant du plateau, et portant de l'autre un contrepoids en fonte qui glisse le long du pilier en sens inverse du plateau. On peut équilibrer la charge de façon à dépenser à peu près la même énergie, tant à la montée qu'à la descente. Au cas où le poids du wagon chargé dépasserait notablement le poids admis, et pour parer à un oubli de la manœuvre du rhéostat inverseur, on peut disposer un manchon limiteur de force pour l'accouplement de l'arbre du moteur et de la vis sans fin. Un disjoncteur automatique, intercalé dans la ligne d'amenée du courant au moteur, remplit le même but par suite d'un excès de résistance à vaincre.

Lorsqu'on a à monter des wagons pris sur une

en prise avec une crémaillère fixe circulaire, par un moteur électrique placé au centre.

La plate-forme porte quatre montants en treillis, auxquels sont attachées quatre tiges filetées, qui reçoivent des écrous solidaires de deux traverses horizontales reliées aux montants. Sur ces dernières, et perpendiculairement à leur direction, sont rivés deux longerons qui portent une plate-forme et les rails sur lesquels se place le wagon à lever.

Le mouvement de rotation des tiges filetées, qui produit l'élévation ou l'abaissement de la plate-forme, leur est transmis par le moteur électrique. Le poids de cette plate-forme et une partie de la charge utile sont équilibrés par des contrepoids, logés dans l'intérieur des montants et suspendus à des câbles passant sur les galets.

Une charge composée d'un wagon taré à 2.000 kilogrammes et chargé de 5.000 kilogrammes peut être élevée à une vitesse moyenne de 0^m,06 par seconde, avec un moteur développant normalement 7 HP. La rotation de 90° de la plate-forme s'effectue en trente secondes et l'embrayage de l'un ou l'autre de ces deux mouvements est commandé par un manchon à griffes, dont le levier est placé à côté de celui du rhéostat de démarrage à deux directions du moteur électrique.

À la fin de la course de la plate-forme, dans les deux sens, celle-ci actionne automatiquement, par l'intermédiaire d'une tige filetée, d'un écrou et d'une chaîne, le levier de mise en marche du moteur, de façon à le ramener à l'arrêt.

On peut se rendre compte assez rapidement de la **puissance** nécessaire au fonctionnement d'un monte-charge et de ses principales dimensions.

Soit par exemple, un appareil de 150 kilogrammes dont la vitesse de la benne est de 0^m,40 à la seconde. Le poids de la benne et la moitié de la charge sont équilibrés par un contrepoids.

Nous adoptons pour le rendement du système 0,40 avec emploi de la vis sans fin.

La puissance du moteur est déterminée par la relation :

$$P = \frac{375 \times 0,4}{75 \times 0,4} = 5 \text{ HP.}$$

On peut prendre un moteur shunt de 5 chevaux tournant à 950 tours.

Pour déterminer le diamètre du câble, en tenant compte qu'il ne s'agit de transporter que des marchandises, on peut prendre le coefficient de sécurité égal au 1/8 de la charge de rupture.

Celle-ci est donnée par la formule :

$$8 (500 + 750) = 10.000 \text{ kilogrammes,}$$

dans laquelle le chiffre 500 représente le poids de la benne.

On choisira un câble en acier au creuset de 15 millimètres carrés de section, comprenant 296 fils de 0^mm2,55.

On prendra un tambour de 300 millimètres de diamètre et on vérifiera soigneusement le travail spécifique que ce diamètre impose aux éléments du câble, au moyen de la formule suivante, dans laquelle P égale la plus grande charge du câble, n le nombre des fils, d leur diamètre en centimètres et D le diamètre du tambour :

$$\frac{P}{n \cdot \pi d^2} + \frac{3}{8} \times 2.150.000 \times \frac{d}{D} = 2.680 \text{ kilog. par centimètre carré.}$$

valeur parfaitement acceptable.

Pour donner à la benne la vitesse fixée, le tambour doit faire 15,3 tours par minute, ce qui exige une démultiplication de

1 : 62, qui est obtenue par une vis à un filet et une roue de 62 dents. En choisissant le pas de 25 millimètres, le diamètre de la roue sera de 496 millimètres et l'effort tangentiel de 540 kilogrammes, correspondant à un travail à la denture de 33 kilogrammes par centimètre carré. Pour que le mouvement soit irréversible, l'angle de frottement doit être plus petit que 0,1; en prenant une vis de 100 millimètres de diamètre primitif, on aura une inclinaison de filet et par conséquent un angle de frottement de 0,08.

Dans le cas de commande par engrenages, le rendement est de 0,60, de sorte que la force du moteur nécessaire n'est plus que de 3,3 HP; en prenant un moteur de 3,5 HP à 950 tours, la démultiplication sera 1 : 62. Elle pourra être réalisée par un harnais d'engrenages de rapport 8 : 1 et un autre de 7,75 : 1, qui seront calculés à la façon habituelle, l'effort tangentiel étant le même que ci-dessus.

PONTS ROULANTS

Dans l'état actuel de l'industrie, les ponts roulants sont devenus des engins indispensables dans les ateliers et sur les chantiers où se manœuvrent de faibles ou de lourdes charges. Ils rendent au personnel les plus grands services, transportant d'un point à un autre avec précision et rapidité les masses les plus volumineuses et les plus pesantes. Leur place est toute désignée dans les aciéries, les hauts fourneaux, les laminoirs, les fonderies, les chaudronneries, les ateliers de constructions, les carrières, les chantiers de grands travaux, les centrales d'électricité, les tonnellerie, les tanneries, les fabriques de glace, les filatures, les papeteries, les câbleries, etc., etc.

Tous les ponts roulants comportent au moins trois mouvements distincts qui sont : le soulèvement vertical de la charge, la direction du chariot ou sa translation transversale et la translation longitudinale du pont. Ces mouvements peuvent s'opérer isolément ou simultanément.

La vitesse de translation des ponts roulants mus à bras peut atteindre 15 à 20 mètres à la minute pour les charges en dessous de 2.000 kilogrammes et se cantonner entre 2 à 3 mètres pour les charges plus fortes à transporter. Avec l'électricité, la vitesse de déplacement des ponts roulants atteint 120 à 150 mètres, dans le cas d'un engin desservi par un seul homme qui doit le suivre. En Amérique, on double ces vitesses en disposant un homme à chaque bout du trajet effectué par le pont.

D'une façon générale, dans les ponts roulants électriques, on donne au pont une vitesse égale à vingt ou trente fois celle de la vitesse de levage et une allure double ou triple de celle du chariot roulant.

Le treuil de soulèvement est parfois placé à l'extrémité de la plate-forme du pont, mais le plus souvent il est installé sur le chariot. Quelquefois le chariot ne comporte aucun mécanisme, les moteurs et les treuils étant disposés dans une cabine suspendue au pont.

Les mécanismes de commande de l'avancement du pont sont analogues à ceux de la direction du chariot, tant pour l'actionnement à bras qu'au moteur. Dans les ponts roulants électriques, on trouve parfois le moteur de translation du pont disposé à l'extrémité de la plate-forme, il commande les galets à l'aide d'une vis sans fin et de roues d'angle; on attaque en son milieu l'arbre longitudinal par l'intermédiaire de harnais d'engrenages. Mais dans la majorité des cas, le moteur est placé au milieu de la longueur du pont, par l'intermédiaire d'engrenages droits et l'interposition d'un frein;

les galets de roulement sont disposés d'un même côté du pont. L'arrêt rapide de la translation des ponts à grande vitesse peut être opéré par un frein à pédale ou mieux par un frein électromagnétique bloqueur, qui entre en jeu dès que le courant dans le moteur commandant la translation est interrompu. Le frein bloqueur doit être tel qu'il ne puisse provoquer le patinage des galets. L'arbre qui commande la translation, travaillant à la torsion, il faut, pour son calcul, déterminer les moments à ses deux extrémités, alors que le chariot et sa charge sont amenés à un des bouts du pont⁽¹⁾.

La voie de roulage d'un pont roulant (*fig. 108*) est supportée soit par des poutres à âme pleine posées sur des murs ou des consoles ou sur des colonnes, soit par des charpentes à treillis, pour les fortes charges. Ces poutres supportent leur charge maximum lorsque le chariot roulant avec sa charge se trouve à un bout de la plate-forme du pont. Les rails posés sur ces poutres sont à champignons, ou plus simplement en fers rectangulaires ou carrés.

Les poutres des ponts roulants eux-mêmes, destinées à recevoir le ou les chariots roulants, sont dites poutres maîtresses ou poutres principales. Leurs formes et leurs dimensions varient naturellement avec l'importance de la charge et de la portée, depuis les fers profilés simples jusqu'aux poutres à croisillons ou à treillis. Dans les engins à très grande portée, on a aussi recours à la disposition avec membrures supérieures cintrées ou en arcade.

Ces poutres doivent résister, verticalement, aux efforts tranchants dus à la charge à soulever et au poids propre du chariot et de son mécanisme, horizontalement, aux moments des forces provenant de l'inertie à vaincre à la mise en marche ou à annuler à l'arrêt.

Quel que soit le profil adopté, dès que la charge et la portée sont quelque peu considérables, on donne aux membrures inférieures des poutres une forme se rapprochant de celle d'un solide d'égale résistance. On prend pour hauteur de la poutre au milieu de sa portée une dimension égale à 1/15 de la portée (poutres à âme pleine) et à 1/10 (poutres à treillis). La hauteur à ses extrémités est généralement la moitié de celle au milieu. Quant au poids de la poutre, on admet à titre indicatif qu'il équivaut à la moitié de la charge utile.

Les poutres maîtresses sont assemblées à leurs extrémités au moyen de poutres en tôle avec cornières et goussets, qui constituent les sommiers ou caissons recevant les roues ou galets de roulement du pont. Dans la plupart des cas, la plate-forme des ponts roulants est munie de passerelles de service. Lorsqu'un pont est garni d'une seule passerelle de service, on dispose le treuil et le mécanisme de commande des galets de roulement de ce côté du pont. Alors la poutre garde-corps a à supporter la réaction du poids du moteur et de l'arbre de la transmission. Enfin, pour la commande des divers mouvements du pont, on adapte aux poutres une cabine où se tient le préposé aux manœuvres.

Certains ponts roulants sont disposés pour recevoir deux chariots, l'un ayant sa voie de roulement placée sur les membrures supérieures des poutres maîtresses, l'autre sur les membrures inférieures. Le chariot du haut, dans ce cas, est affecté au levage des lourdes charges.

L'emploi de deux chariots est aussi utilisé pour permettre de saisir la charge en deux points et l'amener ainsi à l'emplacement rigoureux qu'elle doit occuper.

Lorsque la place en hauteur, au-dessus de la plate-forme,

⁽¹⁾ Calcul et Construction des appareils de levage. Treuils et Ponts roulants, par E. Pacoret.

fait défaut, on fait rouler le chariot sur les patins inférieurs des poutres maitresses. Pour les ponts roulants munis de palées, afin d'éviter les déraillements, on dispose des galets auxiliaires dont les axes sont verticaux et qui roulent de

ment avec les sommiers. Un pont roulant doit pouvoir subir un arrêt brusque à la vitesse de 2 mètres à la seconde. La tendance actuelle est de bannir du pont tout poids mort inutile, tels que les lourds supports en fonte, les grosses

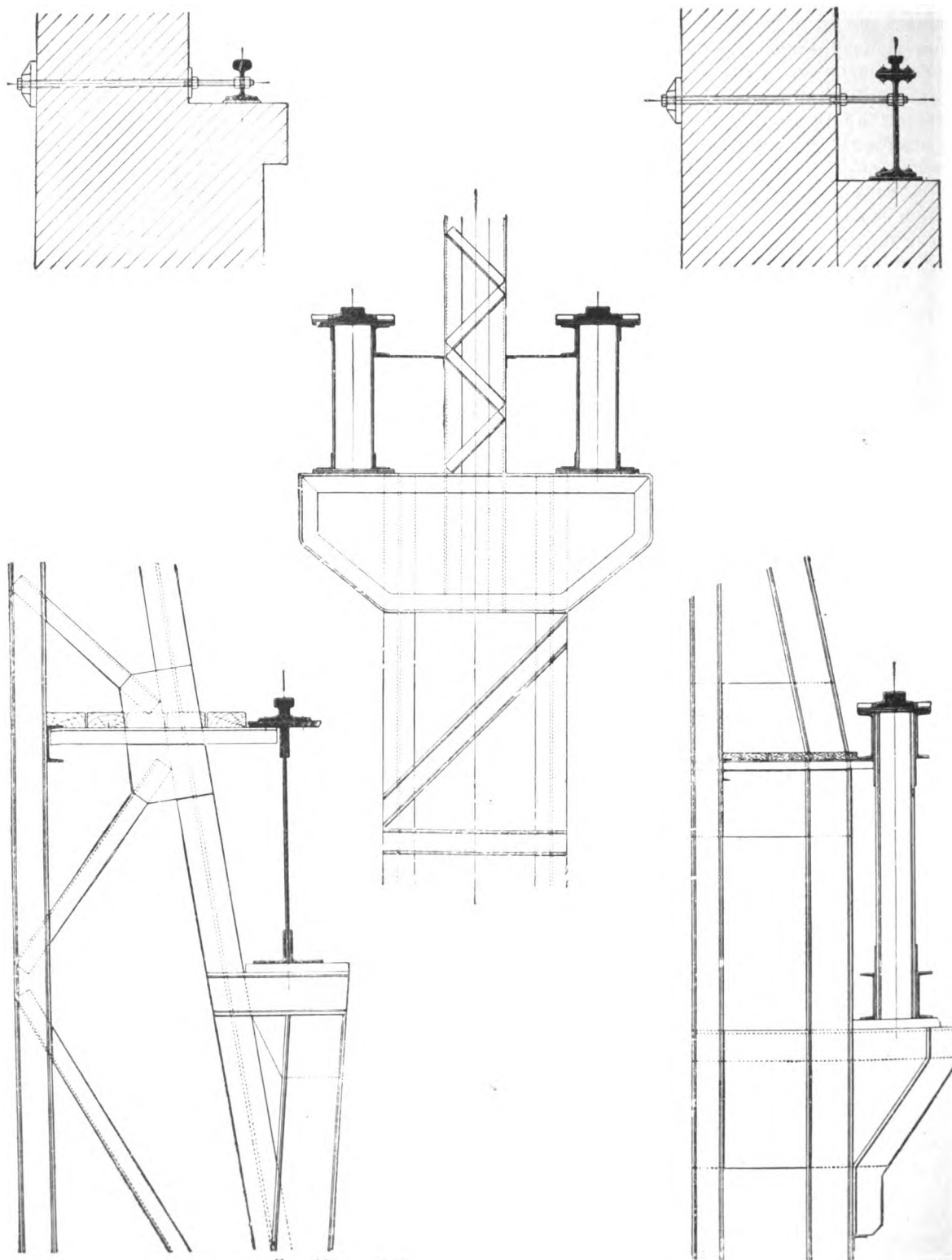


FIG. 108. — Rails de translation pour ponts roulants.

champ sur les champignons des rails. Ces galets sont fixés aux extrémités des sommiers afin d'agir sur le plus grand empattement possible.

Les poutres maitresses du pont reposent parfois sur les sommiers, mais le plus souvent elles sont accolées directe-

ment avec les sommiers. Un pont roulant doit pouvoir subir un arrêt brusque à la vitesse de 2 mètres à la seconde. La tendance actuelle est de bannir du pont tout poids mort inutile, tels que les lourds supports en fonte, les grosses

masses de métal et les engrenages excessifs, de faciliter l'accès de toutes les parties, afin d'accélérer l'inspection, le renouvellement ainsi que la réparation des organes.

Aux essais, on admet pour les poutres maitresses une flèche de 5 à 10 millimètres pour les ponts de force moyenne.

En prenant comme terme de comparaison le poids total de la charpente d'un pont roulant, non compris le mécanisme de translation, les galets et la cabine, on peut, à titre d'indication approximative, compter sur les pourcentages de poids ci-après pour les diverses pièces de la charpente :

Ames des poutres principales	0 ^{kg} ,239
Patins.....	0 ,250
Rails.....	0 ,066
Cornières longitudinales.....	0 ,036
Renforts verticaux	0 ,020
Fourrures	0 ,015
Couvre-joints	0 ,007
Entretoises	0 ,007
Poutre garde-corps.....	0 ,075
Platelage	0 ,092
Cornières de bordure.....	0 ,025
TOTAL.....	0 ^{kg} ,83
Sommiers	0 ,17
Ensemble.....	1 ^{kg} ,00

Le poids du chariot complet (avec treuil électrique de levage) équivaut aux 0,70 du poids de la charpente et aux 0,40 de la charge utile.

Pour le prix de la charpente, il varie de 0 fr. 40 à 0 fr. 50 le kilogramme, montage en place compris.

Pour les ponts de même portée, mais de charges différentes, on peut admettre que les poids des charpentes sont proportionnels aux charges à lever, que les poids par mètre de portée de pont de même type et de même force sont constants, que le poids par mètre de portée d'un autre type de pont et de même force est égal au poids de la charge et du chariot divisé par le poids de la charge et du chariot servant de comparaison : qu'enfin le poids par mètre de portée d'un pont de même type, mais de force différente, est proportionnel aux charges comparées.

Ponts roulants à bras.

— Les appareils les plus simples consistent en un fer à I formant la poutre du pont, laquelle est supportée à chacune de ses extrémités par une paire de galets se déplaçant sur les rails du chemin de roulement. Un

petit chariot à un ou deux galets maintenus par une chape munie d'un crochet servant à suspendre un palan, se déplace le long du fer à I. Ces engins se font avec ou sans mouvement de translation. Le chariot se déplace par simple traction sur le palan.

Dans les appareils un peu plus importants, le chariot comporte quatre galets montés sur des axes indépendants. Deux de ces galets sont munis d'une couronne dentée engrenant avec un pignon intermédiaire; sur l'axe de celui-ci est calée une poulie à empreintes recevant la chaîne de commande de translation du chariot. Ce dernier peut ainsi se déplacer longitudinalement sur la ferme dans un sens et dans l'autre (fig. 109).

On construit assez souvent des ponts roulants ayant leurs trois mouvements indépendants. Le treuil de levage est à

deux trains d'engrenages et monté sur deux bâtis entretoisés recevant les axes des galets de roulement. La chaîne de levage, attachée à l'une des entretoises du chariot, reçoit une poulie de moufle munie de son crochet, puis passe sur une noix pour former le brin de traction, puis finalement vient s'attacher de nouveau au chariot. Des guide-chaînes conduisent celle-ci à sa sortie de la noix. Le treuil est muni d'un frein à friction et à régulateur.

La commande du premier arbre du treuil se fait du sol au moyen d'une chaîne pendante, par l'intermédiaire d'une poulie à chaîne.

Le mouvement de translation du chariot sur le pont roulant se fait aussi du sol à l'aide d'une chaîne attaquant une poulie volant à empreintes. Sur l'arbre de celle-ci est calé un pignon droit qui engrène avec une roue droite montée sur un arbre intermédiaire. Ce dernier porte un pignon qui donne le mouvement à une roue solidaire de l'axe du galet de roulement.

Le mécanisme de translation du pont se compose d'une roue droite dentée, calée sur l'axe des galets de roulement, laquelle commande un pignon fixé en bout d'un arbre transversal accolé à la poutre maîtresse. Sur cet arbre est fixée la roue à gorge qui reçoit la chaîne de traction déterminant le mouvement du pont.

Le treuil de soulèvement de la charge peut être disposé pour recevoir une chaîne Galle ou un câble en acier. On établit le rapport des engrenages pour obtenir un déplacement rapide du chariot, de même qu'une levée rapide de la charge. Le mouvement du pont et celui du chariot sont établis avec enrayage automatique.

Dans certains cas, à l'effet de laisser entièrement libre l'espace existant entre les chemins de roulement du pont, comme pour les ponts de machines à glace, on rapporte tous les mécanismes sur le côté de l'appareil, en dehors d'une des poutres de la voie de roulage. Les

chaînes qui supportent la charge passent sur des poulies disposées sur les poutres maîtresses.

Dans le même ordre d'idées, on peut manœuvrer l'appareil du sol à l'aide d'un treuil à manivelles disposé sur le côté de l'engin. Les déplacements du crochet et du pont lui-même se font par le même treuil.

La translation du chariot a lieu à l'aide d'une chaîne sans fin, soutenue

et conduite par des poulies de renvoi établies sur la ferme du pont et le déplacement du pont par une chaîne Galle partant du treuil et attaquant un arbre portant les galets de roulement du pont.

Il arrive aussi, si les manœuvres sont fréquentes, qu'il devient préférable d'avoir deux équipes, par exemple pour les chargements ou la mise en stock de marchandises dans les chantiers, l'une restant à terre et l'autre à demeure sur le pont, s'occupant uniquement des mouvements du treuil roulant. Alors celui-ci est constitué par un treuil à manivelles qui se déplace le long du pont.

On utilise parfois des ponts roulants à deux chariots roulant sur la même ferme; cette disposition est indiquée quand on a à lever des pièces très longues qui demandent à être

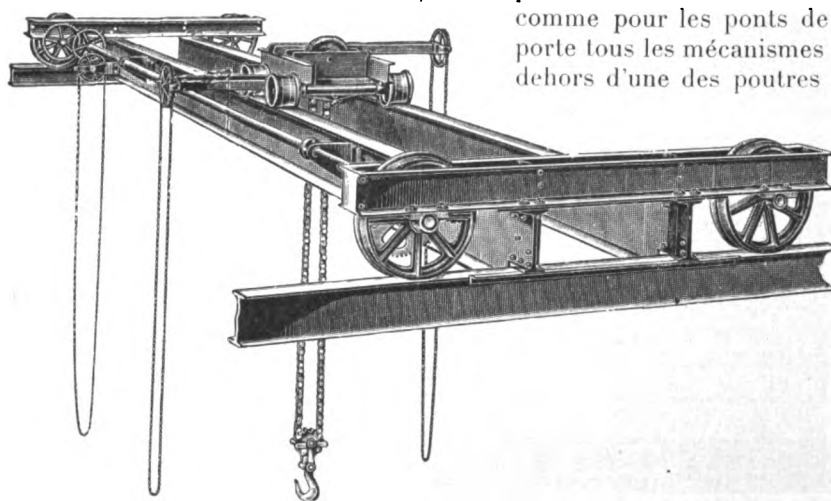


FIG. 109.

soulevées en plusieurs points, telles que celles que l'on travaille dans les ateliers de charpentes.

Ponts roulants électriques. — D'une façon générale, le moteur de levée d'un pont roulant électrique est hermétique. Très souvent, il attaque une vis sans fin à une ou plusieurs entrées, trempée et rectifiée à la meule, dont la poussée axiale est équilibrée par une boîte de butée à billes. La vis engrène avec une roue à couronne en bronze phosphoreux et denture hélicoïdale taillée. La vis et la roue sont enfermées dans un carter à bain d'huile.

On dispose, sur le prolongement de la vis sans fin, un frein composé d'une poulie en acier coulé tournant entre deux mâchoires en fonte, qu'un puissant ressort sollicite à se fermer; un électro-aimant cuirassé, excité par le courant du moteur, les maintient, au contraire, ouvertes, tant que le courant passe. Ce frein immobilise donc la charge quand le circuit du moteur est coupé, soit intentionnellement, soit accidentellement.

Dans les treuils à tambour à câble, on cale sur l'arbre de la roue hélicoïdale un pignon en acier forgé actionnant une roue dentée en acier coulé, taillée à la machine, laquelle est

un axe de pivotement vertical avec chemin de roulement à billes.

On dispose parfois sur une tige filetée fixée à l'arbre du tambour un curseur, qui, lorsque la charge monte trop haut, vient buter sur le taquet d'un interrupteur dit fin de course, qui coupe le courant du moteur et par là serre le frein.

Le chariot porte un bât muni de frotteurs de prise de courant, glissant sur des fils tendus le long du pont; les canalisations attachées au chariot sont passées dans des tubes en acier isolés intérieurement.

Comme nous l'avons déjà expliqué, les moteurs de levée et de translation, à courant continu, sont à enroulement en série, de façon à proportionner automatiquement leur vitesse à l'effort à produire. On a ainsi une vitesse de levée à vide 2 à 2 1/2 fois plus considérable que celle en charge.

Le dispositif le plus simple comme pont roulant est celui où le chariot reçoit un palan électrique. Le moteur de la levée est commandé du sol à l'aide d'une chaînette reliée au commutateur du rhéostat installé auprès de l'électro-moteur. Par une tension graduée sur la chaînette, on obtient des vitesses successivement plus grandes du moteur, et dès que l'on abandonne la chaînette en question, la barrette du commutateur revient automatiquement au point mort de cet appareil.

La translation du pont est assurée par un moteur électrique, placé au bout de la plate-forme (fig. 112), lequel est commandé par deux chaînettes agissant sur le rhéostat inverseur opérant les deux sens de marche. Le mouvement du moteur est transmis aux galets de roulement par l'intermédiaire d'en-

grenages droits attaquant un arbre d'accouplement qui règne sur toute la longueur du pont.

Les embrayages à friction permettent, au cas où le moteur tourne toujours dans le même sens, d'opérer dans les deux sens les divers mouvements du pont. On les utilise aussi, dans le cas d'un moteur réversible, pour exécuter à volonté, soit simultanément, soit séparément, la levée de la charge

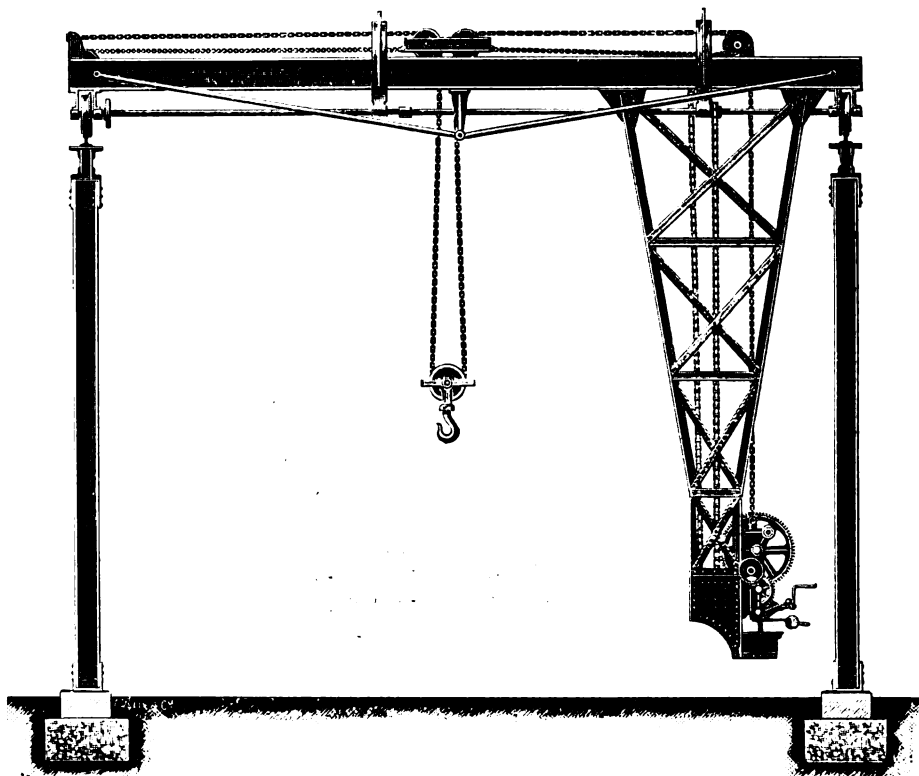


FIG. 110. — Pont roulant à bras de fonderie, à queue. (Construction Piat et Fougerol.)

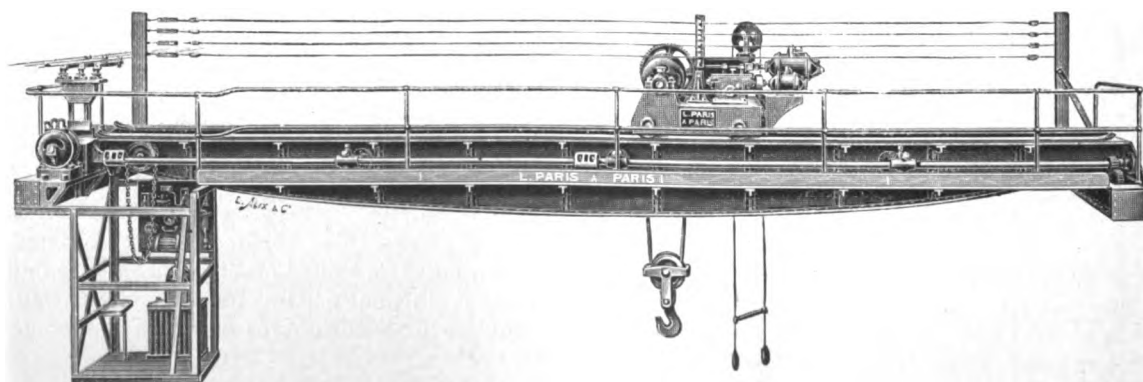


FIG. 111. — Pont roulant électrique et à main. (Construction Paris.)

boulonnée à un tambour tourné et rainuré au tour, sur lequel les deux branches d'un câble métallique replié s'enroulent en se rapprochant.

Ces deux câbles passent sur les poulies à gorge des crochets et vont se réunir sur une poulie d'équilibre, fixée au bâti du chariot. On a de cette façon une montée rigoureusement verticale de la charge. Le crochet supportant la charge possède

ainsi que le transport de celle-ci. Ils servent enfin pour obtenir des vitesses différentes du fardeau ou d'un mouvement quelconque du pont. Malgré la perte par glissement qu'elles occasionnent, les roues coniques à friction ont leur emploi marqué

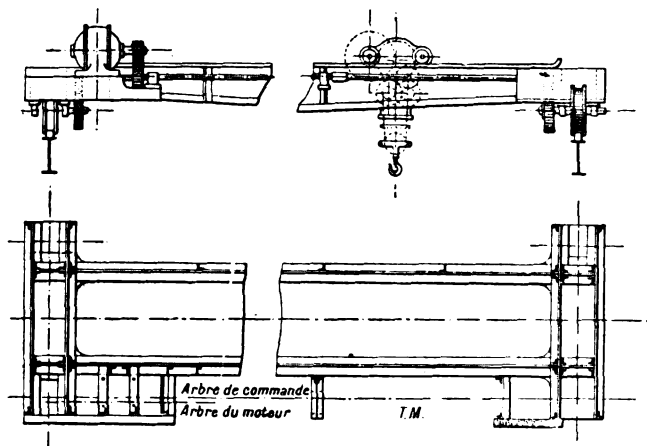


FIG. 112.

lorsque la force périphérique transmise est faible et que le nombre de tours est considérable. On construit donc des ponts roulants où les manœuvres dans les deux sens de la levée, de la direction du chariot et de la transmission de l'engin, s'opèrent au moyen d'embrayages à friction prenant leur force sur un arbre disposé transversalement aux poutres maîtresses du pont; cet arbre peut recevoir son mouvement d'un moteur électrique, par exemple par l'intermédiaire d'une courroie. Ainsi, la levée du fardeau se fait-elle à l'aide d'une vis sans fin reliée au double cône de friction qui lui est propre; la roue hélicoïdale qui engrène avec la vis conduit un arbre sur lequel est calé une roue Galle qui mène la chaîne de traction de la charge. Celle-ci s'enroule sur des pignons portés par le chariot, en passant sur la poulie à empreintes du crochet de levage, pour s'attacher enfin à l'extrémité opposée du pont.

La translation du chariot s'opère à l'aide d'un double cône qui commande, par l'intermédiaire d'un double harnais d'engrenages droits, deux roues Galle, sur chacune desquelles passe une chaîne dont l'un des bouts vient s'attacher à une des extrémités du chariot, pendant que l'autre, après son enroulement sur une des roues du bout du pont, vient s'amarer à l'autre extrémité du chariot. Enfin le déplacement du pont a lieu au moyen d'un troisième cône double, au moyen d'un pignon Galle, calé sur l'arbre mené des embrayages, et qui

attaque par une chaîne Galle une roue fixée sur l'arbre longitudinal. Celui-ci donne le mouvement à deux des galets de roulement par l'action de harnais d'engrenages droits. Le banc des embrayages est logé dans la cabine même et le conducteur a ainsi à la portée de la main tous les volants de manœuvre des divers mouvements. Le harnais d'entraînement, qui relie l'arbre moteur à l'arbre intermédiaire disposé sur le pont, peut être constitué par des engrenages droits ou coniques ou même par une vis sans fin.

Avec les ponts roulants commandés par câble continu, on peut obtenir des variations de vitesse très étendues, ce qui permet d'améliorer la puissance de travail des appareils.

En principe, le câble est appliqué, par le conducteur de l'engin, sur les poulies motrices commandant soit la levée de la charge, soit la direction du chariot. Les variations de vitesse s'obtiennent par des poulies de diamètres différents disposées sur les arbres moteurs.

La réversibilité de marche de ces arbres a lieu par application du câble sur le côté opposé des poulies motrices dont la rotation est continue. La suite de la transmission se continue par des roues dentées placées sur un arbre, relié lui-même à des embrayages à friction en communication avec les divers mécanismes. En raison des très grands rapports de transformation auxquels donne lieu ce genre de commande, le rendement n'est que peu élevé; les meilleurs appareils atteignent au plus 40 à 50 0/0.

L'emploi de la transmission mécanique à chaîne sans fin avec moteur électrique permet de quintupler les vitesses nor-

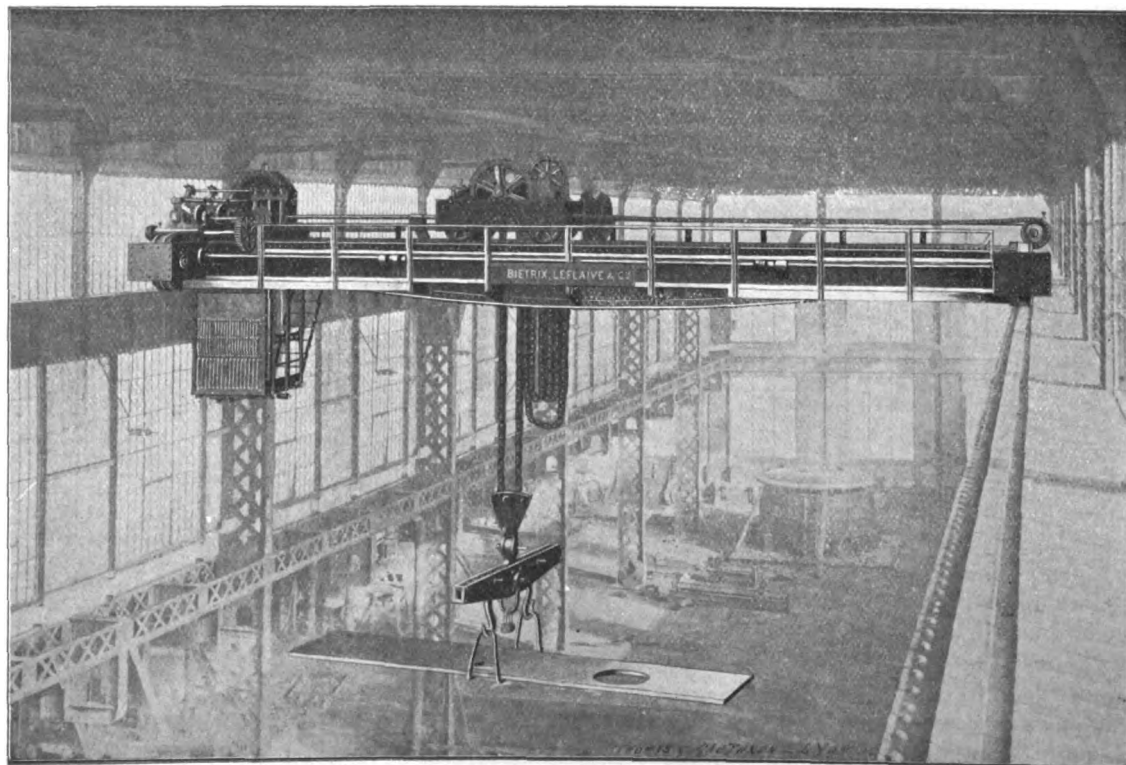


FIG. 113. — Pont roulant électrique de 40 tonnes à chaîne et à un seul électro-moteur.
(Construction Biérix, Leflaive et C^{ie}.)

males dans des conditions de parfaite sécurité et si on ajoute une transmission d'engrenages à cinq vitesses différentes, par exemple, on peut graduer également ces dernières et passer de l'une à l'autre pendant la marche.

La vitesse peut atteindre dix à quinze fois sa valeur normale à l'aide du train d'engrenages.

A l'effet d'avoir des vitesses différentes selon la charge à | tage d'un pont roulant électrique avec trois moteurs à cou-

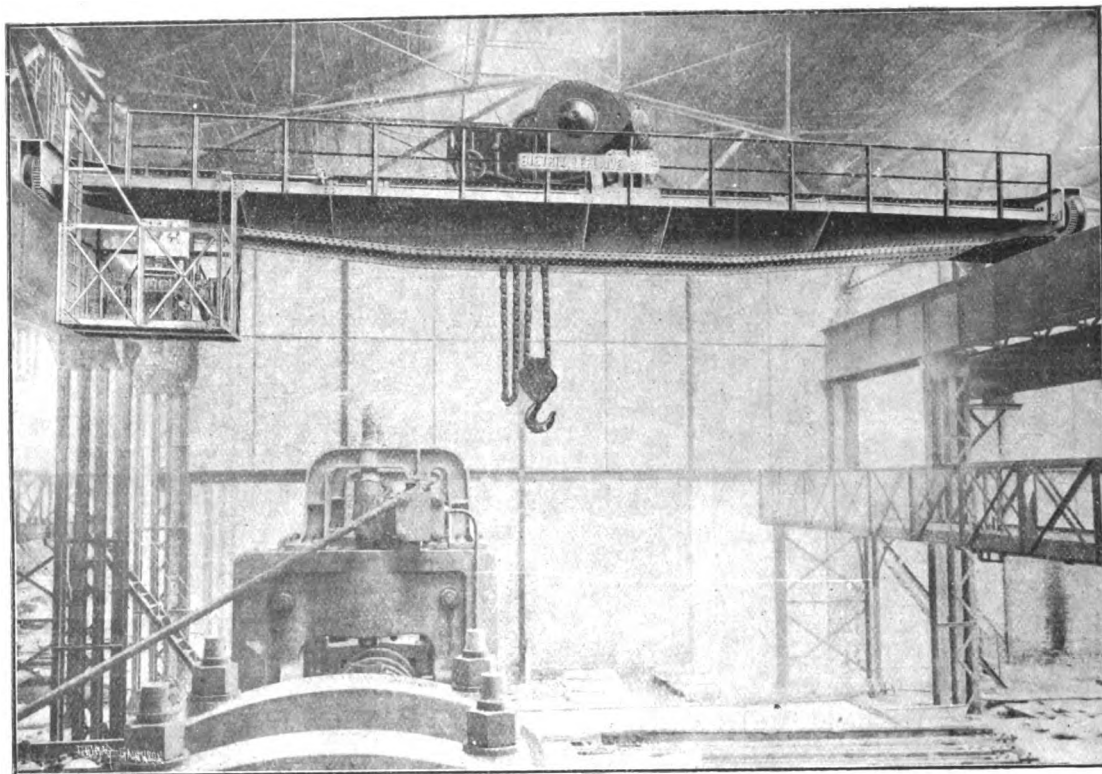


FIG. 114. — Pont roulant électrique de 25 tonnes, à chaîne et 3 électro-moteurs.
(Construction Biérix, Lellaive et C^{ie}.)

rant continu, à excitation série. A chacun de ces moteurs, translation, direction et levage, correspond un contrôleur de réglage par résistances. Ces contrôleurs ont en même temps pour mission d'envoyer le courant dans des électros de freins qui, lorsque le courant les parcourt, empêchent l'action du frein sur le moteur correspondant.

Ces électros laissent donc agir les freins en question quand le courant vient à manquer sur la ligne, ou lorsque le contrôleur est à sa position d'arrêt. Les mêmes électros cessent leur action et laissent le freinage se produire, si par hasard le chariot arrive à sa position limite à l'une des extrémités du pont roulant, ou si celui-ci arrive à sa position extrême sur son chemin de roulement, ou encore si le crochet de levage va trop haut ou trop

soulever, on munit les ponts roulants de deux treuils de levage | bas. Ce freinage s'opère grâce à des interrupteurs fin de distincts. L'arbre du tambour d'enroulement des chaînes de levage est actionné par un train d'engrenages et un moteur électrique. Un frein électro-magnétique de blocage est placé sur l'arbre du moteur, de façon à le mettre automatiquement à l'arrêt dès que le courant cesse d'y passer. Un frein modérateur est monté sur le premier arbre intermédiaire ; il se desserre automatiquement lors de la levée du crochet, puis se serre suffisamment au repos pour empêcher la chute de la charge, mais assez peu pour créer une résistance très faible lorsqu'on fait descendre la charge en inversant le courant dans l'électro-moteur.

Pour donner au crochet de levage une parfaite mobilité autour de son axe de suspension, on le fait reposer sur un cercle de billes, et un joint à la cardan permet à cet axe de prendre toutes les inclinaisons désirables pendant les manœuvres. Ce joint est attaché directement aux deux brins du châssis de levage. L'inclinaison de ces deux brins diminue notablement les oscillations de la charge à la mise en route du pont.

Les figures 120 et 121 représentent schématiquement le mon-

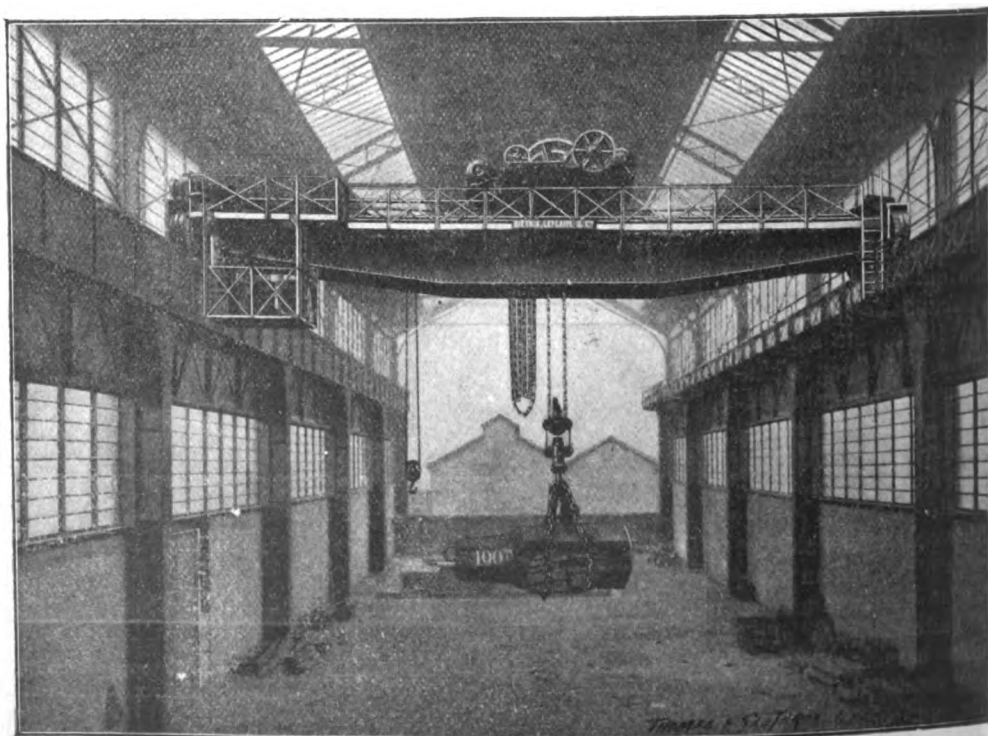


FIG. 115. — Pont roulant électrique de 100 tonnes, à chaîne et 3 électro-moteurs avec chariot auxiliaire à 3 tonnes. (Construction Biérix, Lellaive et C^{ie}.)

course qu'une butée spéciale fait fonctionner quand la position limite qu'ils déterminent est atteinte. Enfin le contrôleur relatif au moteur de levée porte des touches, grâce aux-

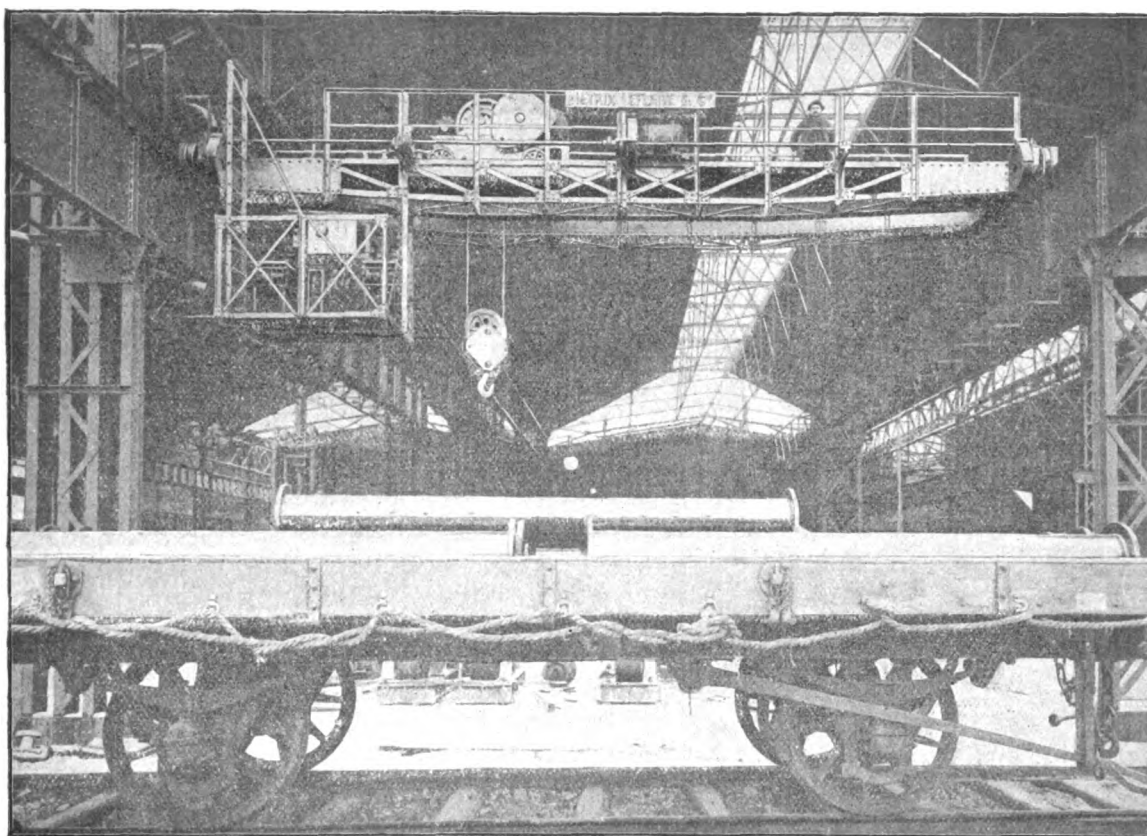


FIG. 116. — Pont roulant électrique de 6 tonnes, à câble et 3 électro-moteurs. (Construction Biérix, Leflaive et C^{ie}.)

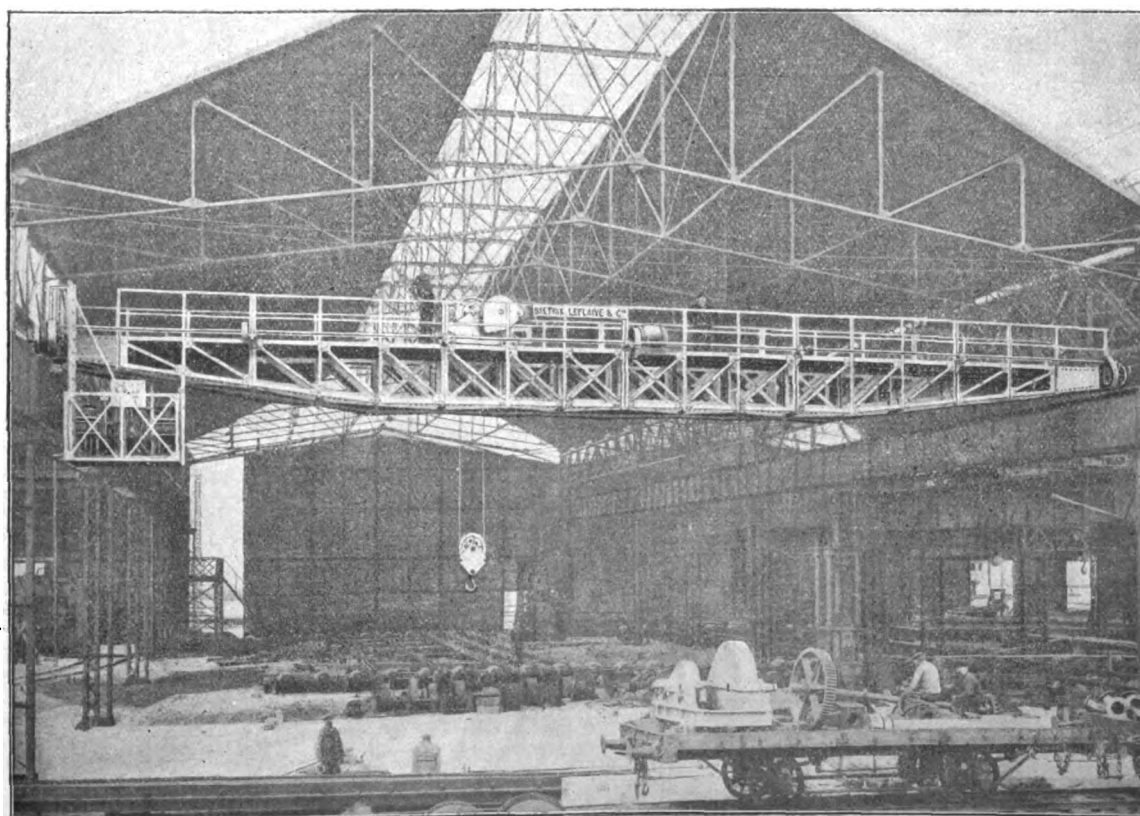


FIG. 117. — Pont roulant électrique de 8.5 tonnes, à câble et 3 électro-moteurs. (Construction Biérix, Leflaive et C^{ie}.)

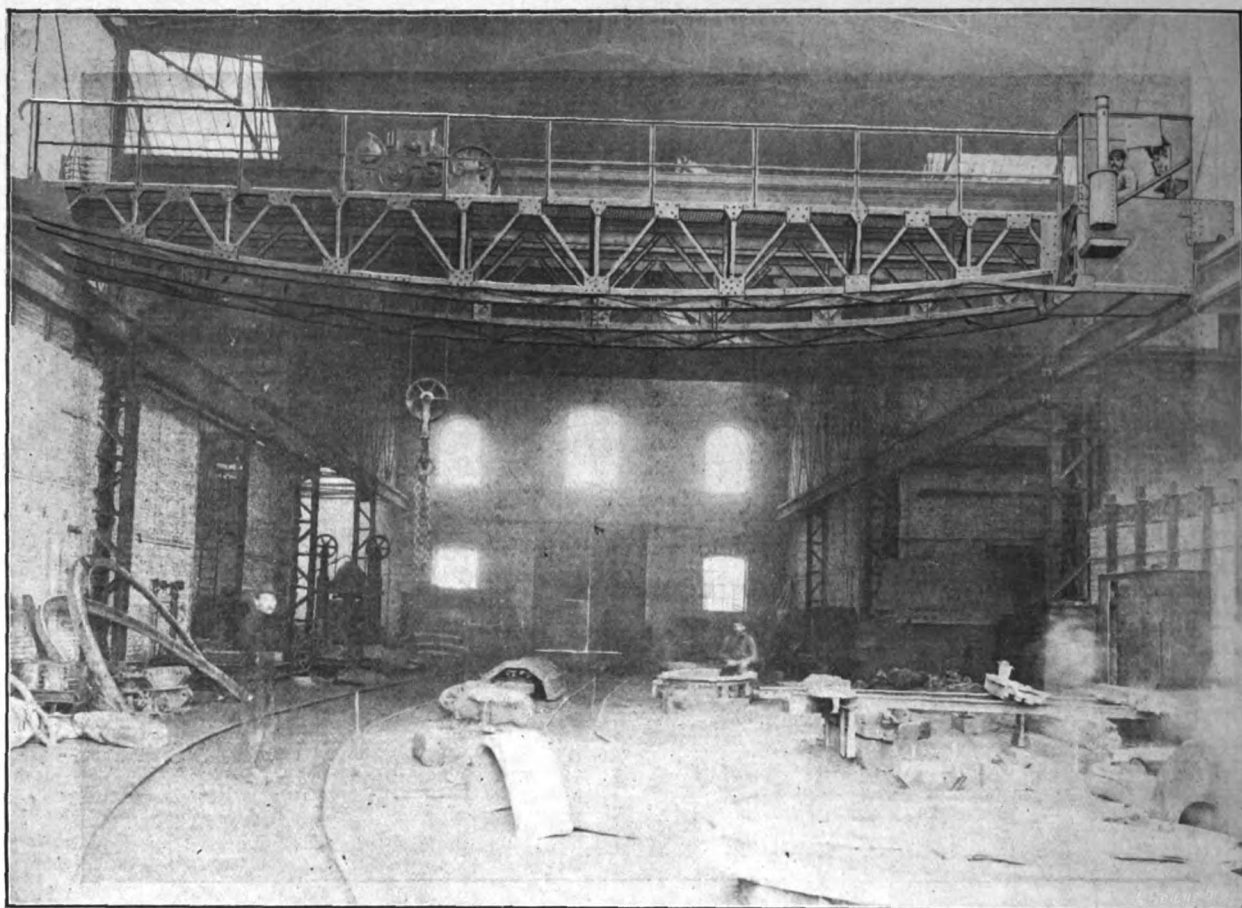


FIG. 118. — Pont roulant de 15 tonnes, d'une portée de 14^m,500.
(Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est.)

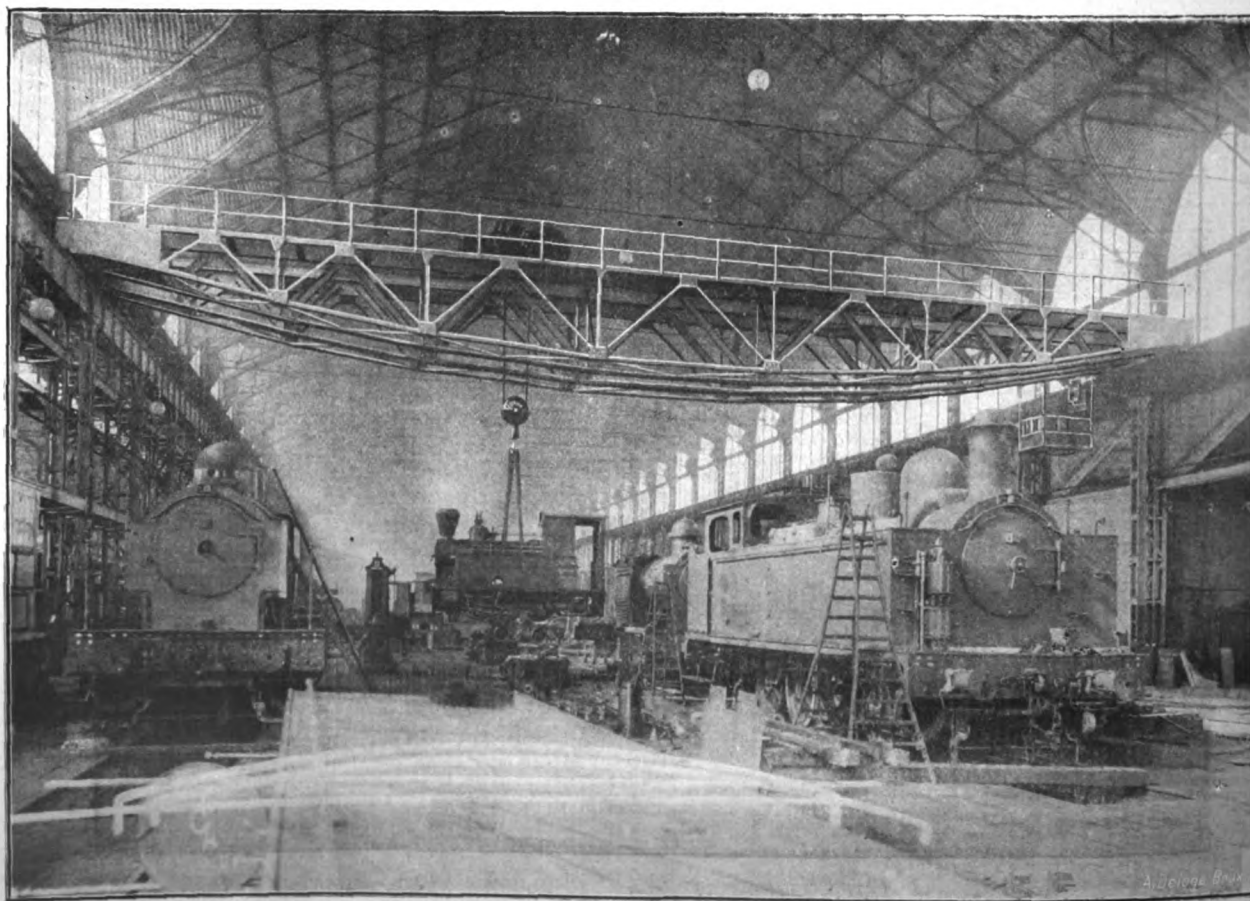


FIG. 119. — Pont roulant électrique de 35 tonnes, d'une portée de 25^m,810.
(Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est.)

quelles le moteur peut débiter en génératrice sur une résistance de freinage ajoutée aux résistances de réglage quand le crochet descend en supportant un poids suffisant.

Les figures 122 et 123 montrent schématiquement l'équipe-

à l'aide d'électros parcourus par une dérivation du courant statorique. Le freinage a lieu dès que le courant est rompu.

Un interrupteur fin de course bipolaire provoque l'arrêt de ce moteur de levage et le freinage, lorsque le crochet monte

au-dessus d'une position supérieure limite qui lui est assignée.

Les caractéristiques des ponts roulants construits par les ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est, à Jeumont, qui se sont fait une spécialité de ce genre d'en-

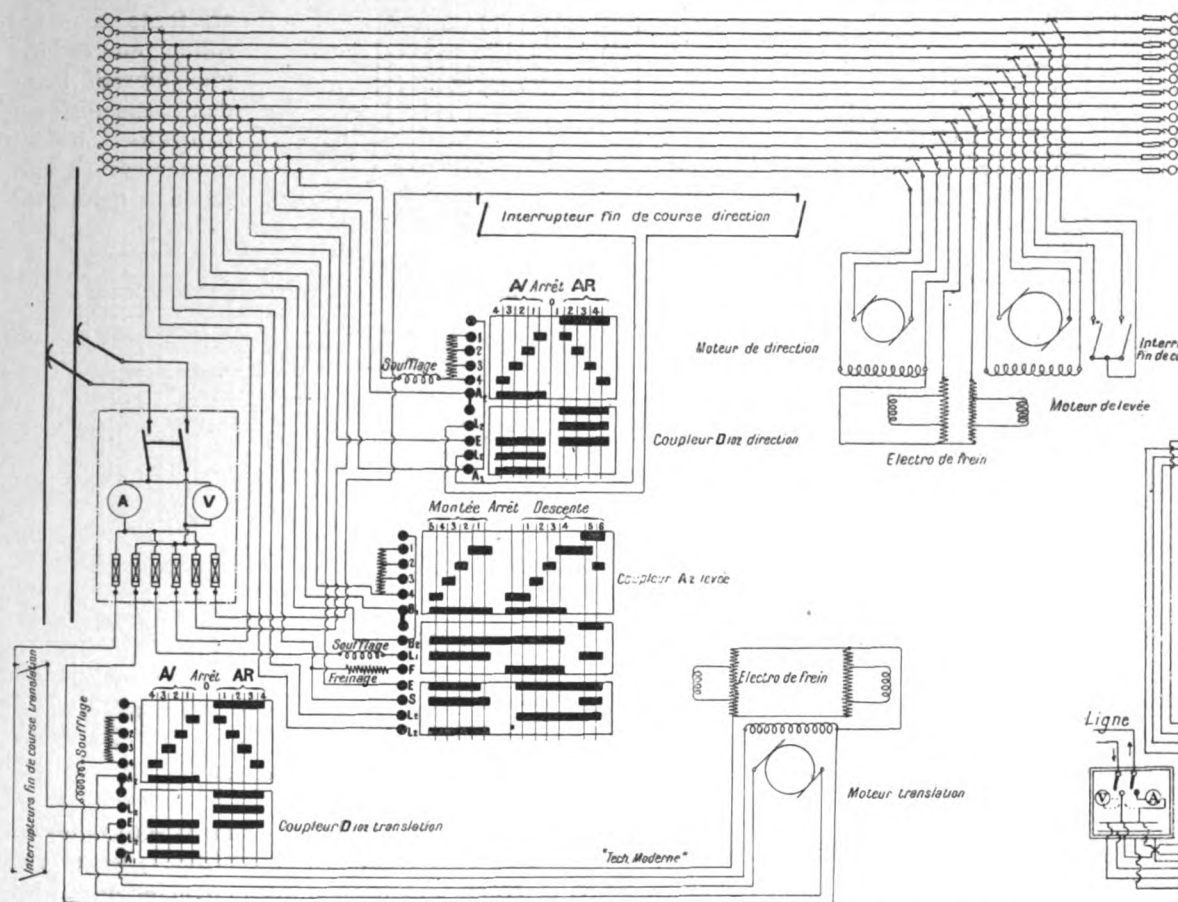


FIG. 120. — Schéma de montage pour pont roulant électrique équipé avec moteurs à courant continu.
(Société alsacienne de Constructions mécaniques.)

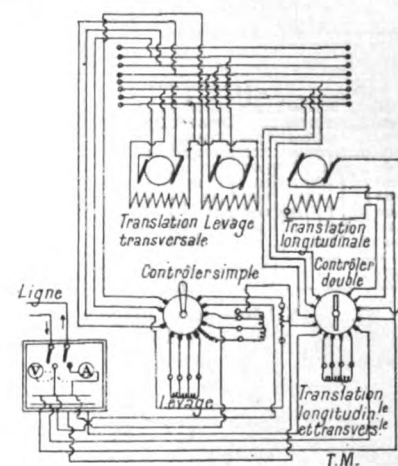


FIG. 121.

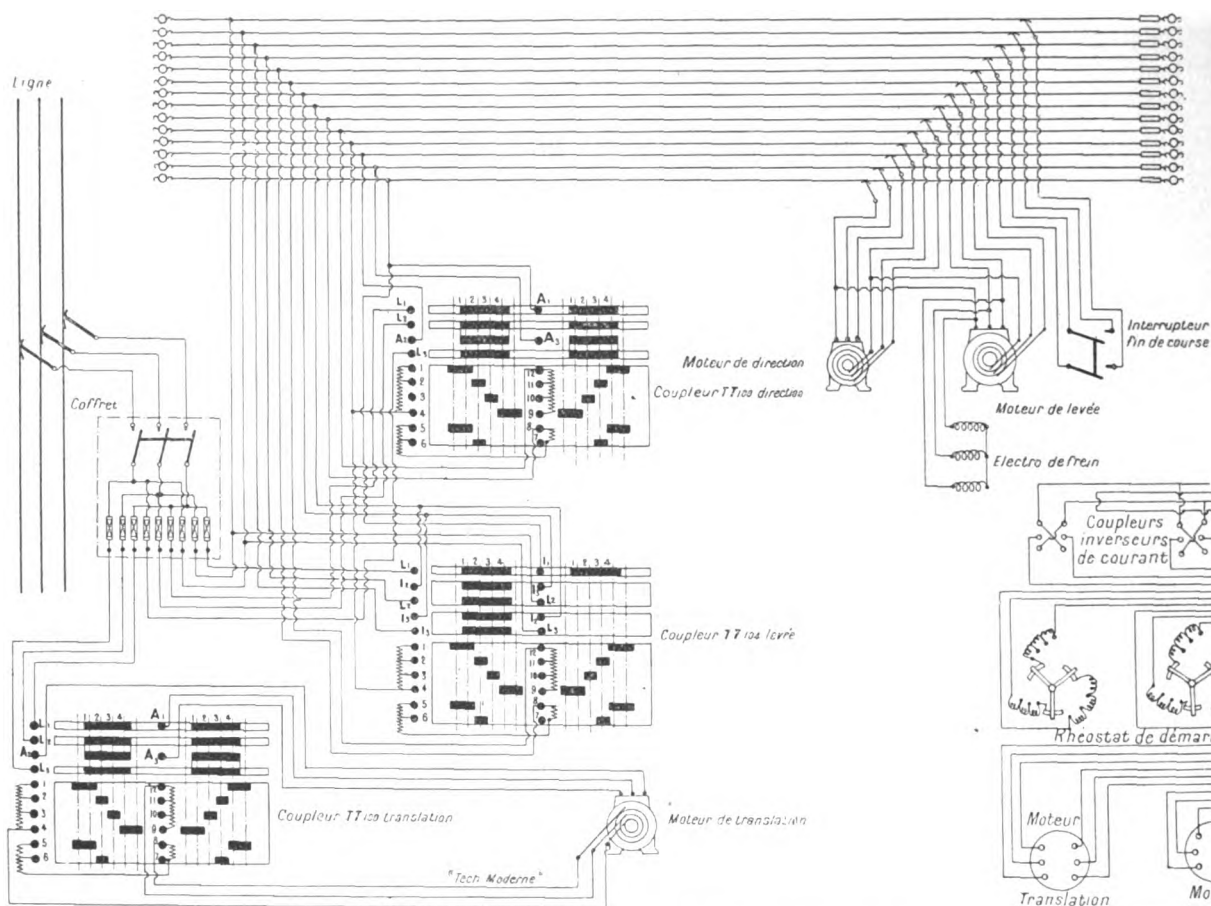
ment d'un pont roulant électrique avec moteurs triphasés asynchrones, dont un pour chaque mouvement. Ces trois moteurs sont du type à rotor bobiné, à bagues et résistances extérieures, dont la mise en circuit est commandée par trois contrôleurs.

Le freinage n'a lieu que pour le moteur de levage et s'opère

gins de levage, sont les suivants : les charpentes sont faites en acier doux profilé de 39 à 42 kilogrammes de résistance à la rupture, les assemblages sont très rigides et leur construction robuste; les galets de roulement sont également en acier coulé et les pignons en acier forgé; les dentures sont taillées rigoureusement en forme de développantes de cercle à la

TABEAU DONNANT LES VITESSES ET PUISSANCES DE PONTS ROULANTS ÉLECTRIQUES D'USINES CONSTRUITS PAR LES ATELIERS
DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DU NORD ET DE L'EST (JEUMONT, NORD).

FORCE DES APPAREILS	VITESSE DE LEVAGE en charge à la minute	VITESSE DE TRANSLATION du chariot à la minute	VITESSE DE TRANSLATION du pont à la minute	PUISSANCE DU MOTEUR DE LEVAGE HP	PUISSANCE DU MOTEUR de translation du chariot HP	PUISSANCE DU MOTEUR de translation du pont HP	MODE DE SUSPENSION de la charge
Pont de 1 tonne	6 ^m ,00	à la main	30 mètres	2	»	1	par câble
— 3 —	2,50	30 mètres	60 —	4	1	4	—
— 5 —	4,00	30 —	50 —	6	»	4	—
— 6 —	2,50	20 —	30 —	10	2	6	—
— 8 —	4,80	20 —	40 —	6	6	6	—
— 10 —	2,40	40 —	60 —	10	5	5	chaîne Galle
— 12 —	17,50	30 —	40 —	6	1	1	par câble
— 15 —	2,40	20 —	30 —	15	5	5	chaîne Galle
— 15 —	7,00	30 —	60 —	22	4	14	par câble
— 20 —	4,70	30 —	60 —	38	6	17	chaîne Galle
— 25 — 2 crochets	4 ^m et 15 ^m	35 —	60 —	25 et 35	6	20	par câble
— 30 —	3 ^m ,00	25 —	50 —	27	7	16	—
— 35 —	2,00	20 —	50 —	24	9	24	—



machine à diviser et elles ont pour pas un multiple de 3,14; les roues à vis sans fin sont en deux pièces, moyeu en fonte et couronne en bronze phosphoreux; leurs dentures sont développées mécaniquement d'une façon mathéma-

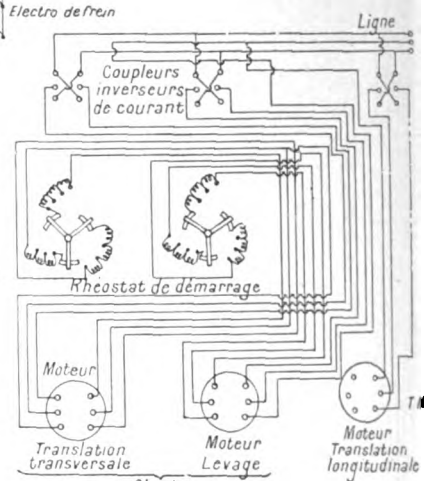


Fig. 123.

Fig. 122. — Schéma de montage pour pont roulant électrique avec moteurs à courant triphasé. Société alsacienne de Constructions mécaniques.

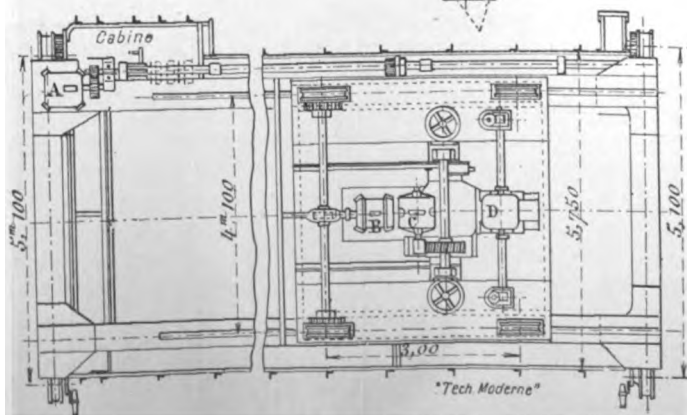
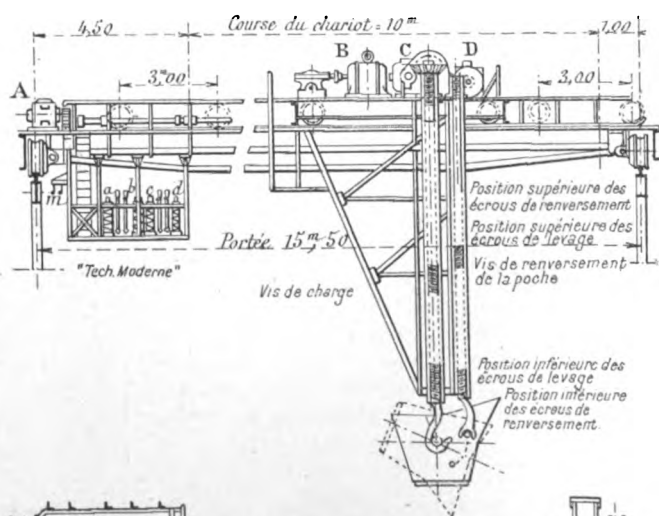


Fig. 124.

tique; les boîtes à billes du crochet et de la vis sont faites en acier spécial et elles sont trempées et rectifiées; les arbres sont en acier, le crochet et les pendules en acier doux; les câbles de levage en acier fondu au creuset, formés de fils n'excédant pas 0^{mm},6 à 0^{mm},8 de diamètre, et enfin les paliers possèdent des coussinets à longue portée.

Les ponts roulants électriques ont pris depuis quelques années une importance considérable dans les usines métallurgiques ⁽¹⁾, et en particulier dans les aciéries et les forges. Les manœuvres pénibles et de caractère périlleux auxquelles donnaient lieu les manutentions dans ces sortes d'ateliers sont maintenant à peu près totalement évitées; de plus, elles s'opèrent sans pertes de temps et avec toute la sécurité et la précision désirables. On a obtenu ainsi une distribution plus régulière du travail, un abaissement très sensible du prix de revient et une amélioration heureuse dans le dur labeur des ouvriers.

Dans les installations modernes des aciéries, au lieu de grouper les convertisseurs par deux ou trois autour d'une grue centrale, dans le cercle d'action de laquelle sont également rangées les lingotières, on place de nos jours les convertisseurs sur une même ligne. Les aciéries de Neuves-Maisons peuvent être citées comme un type de ce genre d'installation. Un pont roulant de coulée a permis là de réaliser les opérations suivantes sans obstruction possible des voies d'accès.

La poche à fonte (fig. 124), placée sur un chariot revenant des hauts fourneaux, est transportée devant le mélangeur et renversée pour y vider son contenu. Puis la fonte du mélangeur est reprise, en culbutant ce dernier; le métal en fusion est ensuite amené devant l'un des convertisseurs pour y être

(1) Voir le chapitre : Manutention dans les usines métallurgiques, page 151.

versé. Enfin, la poche à fonte est remplacée par une poche en acier qui vient recevoir la charge du convertisseur, laquelle

ger et munis de puissants ressorts destinés à amortir les chocs pendant le forgeage.

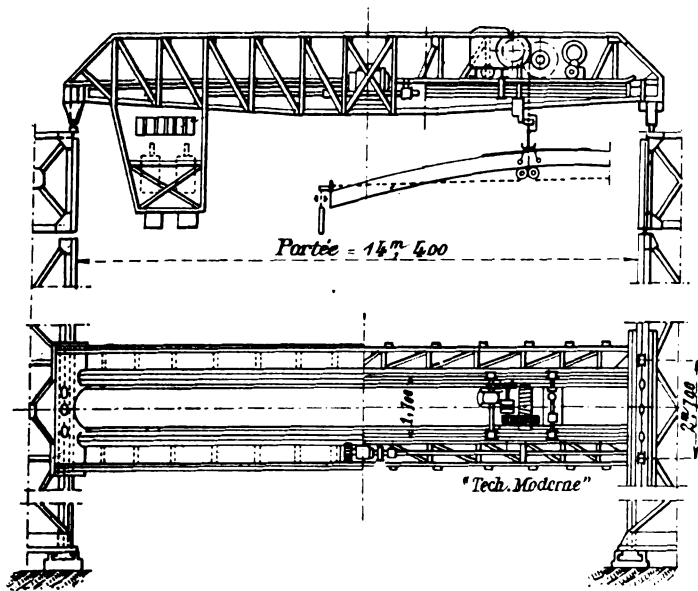


FIG. 125.

est dirigée vers la halle de coulée, la poche se présentant successivement au-dessus des lingotières.

Ainsi compris, le pont roulant a remplacé, dans l'ancienne installation, non seulement la grue locomobile, mais encore le chariot qui avait à faire le service de la fonte dans les convertisseurs sur la première plate-forme. Le pont roulant permet en outre de retourner une charge trop froide dans le sol, au lieu de la renverser dans la sole, comme autrefois.

Tantôt le chariot roulant porte-coulée est remorqué sur la voie par une chaîne Galle sans fin, tantôt il porte lui-même les mécanismes pour sa translation, le levage et le basculement de la charge. Le premier système ne peut d'ailleurs s'appliquer qu'à des installations de longueur relativement courte.

Aux aciéries de Longwy, les manutentions des rails sont opérées à l'aide d'un pont roulant (fig. 125) ; le décrochage et l'accrochage de ces pièces est fait au moyen d'un électro-aimant directement attelé au crochet de levage.

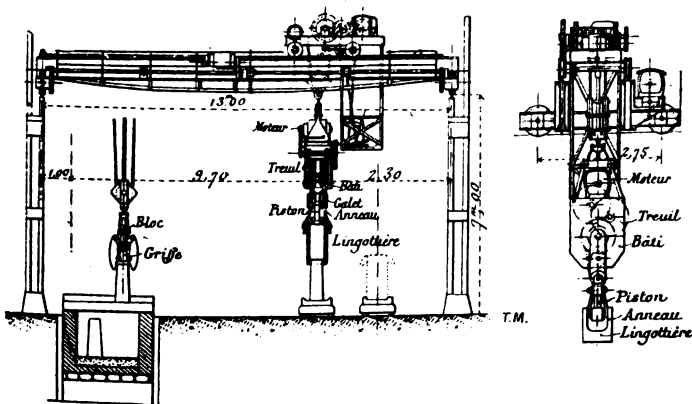
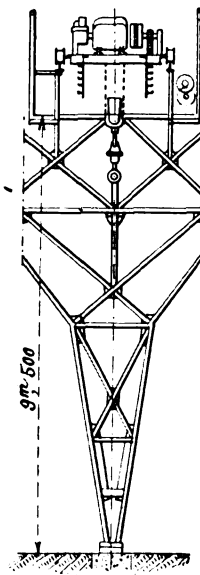


FIG. 126.

Dans les forges, pour la manœuvre des lingots, on a maintenant recours à des ponts roulants (fours verticaux) (fig. 126) et à des enfourneuses électriques (fours à sole horizontale). Dans le premier cas, les crochets de suspension sont disposés pour effectuer le retournement des pièces sur la presse à for-



Les griffes qui saisissent les lingots sont tantôt libres, tantôt guidées rigidement. Les points d'articulation de ces griffes sont disposés de telle sorte qu'elles s'ouvrent lorsqu'on soulève les blocs de suspension, et le serrage nécessaire pour assurer la prise est produit par le poids du lingot.

Les enfourneuses électriques permettent de prendre les lingots au rouge aussi bien sur le sol de l'atelier que sur les wagonnets, dans n'importe quelle direction, et de les introduire bien en place dans les fours.

GRUES

Les grues constituent sans contredit l'appareil de levage par excellence, en raison de leurs applications variées et des services qu'elles rendent dans presque toutes les branches de l'industrie. Elles ne sont pas, comme les ponts roulants, limi-

tées aux ateliers de construction de machines ou autres usines métallurgiques, fonderies, magasins, usines d'électricité, car leur action s'étend encore aux ports, aux canaux, aux navires, à l'édification des monuments, des bâtiments, etc. En un mot, leur domaine est pour ainsi dire illimité. On conçoit donc que ce genre d'engin ait reçu un grand nombre de dispositions et que, pour les mettre en œuvre, on ait fait appel à tous les agents de force motrice que la nature a mis à la disposition de l'homme.

Les progrès de la science ont porté la construction de ces engins à un point de perfection qui fait le plus grand honneur à nos ingénieurs et à nos constructeurs.

La plus fréquente utilisation des grues est dans le transbordement entre bateaux et voies de fer, où l'on emploie soit les grues pivotantes, soit les grues à voie de translation, dans les déchargements des navires dans les docks, où la grue à voie en l'air permet d'assurer le service d'un entrepôt couvert, soit en plaçant cet engin sur le toit du magasin et en donnant à la grue un déplacement parallèle au rivage, soit en disposant dans l'entrepôt des voies fixes pour chariot transbordeur, dans le service des parcs, et quand il s'agit d'effectuer aussi bien la mise en tas que le rechargement. Si le parc de dépôt est disposé en bande le long du rivage, il est préférable d'employer pour le déchargement, au lieu d'un pont transbordeur, plusieurs grues à levage rapide avec courte voie de translation, et pour la répartition du produit, de se servir d'un seul pont de grande longueur.

Les autres utilisations seront spécifiées au fur et à mesure de l'étude de chaque type de grue.

En ce qui concerne la construction des grues, l'établissement de leurs treuils et de leurs mécanismes de commande est à peu près identique à celui des mêmes engins pour les ponts roulants, mais ici les chariots prennent parfois des proportions considérables, soit qu'ils s'agisse de grues à portique, soit de trucks montés sur boggies. D'autre part, les principes de construction pour les dispositifs de commande des grues à voies en l'air diffèrent beaucoup de ceux des autres grues, à cause des vitesses de travail très élevées utilisées dans ces appareils.

La résistance considérable d'accélération au démarrage du

chariot ne peut être surmontée qu'à l'aide d'un moteur d'une très grande puissance instantanée par rapport à la puissance continue.

Les treuils les plus simples employés dans les grues pivotantes ou dans les grues à voie inclinée n'ont qu'un tambour, avec lequel la poulie de frein de descente et l'engrenage droit de commande sont venus de fonte ou auquel ils ont été fixés par boulons. Pour n'avoir pas à entraîner le moteur pendant la descente de la charge et le retour du chariot, on intercale fréquemment un embrayage à friction. D'autres fois, on emploie un moteur réversible dont le départ en arrière est accéléré par une brusque fermeture du courant.

Les treuils des bennes preneuses ont deux tambours qui restent indépendants pendant la durée de la fermeture et du déchargement.

Lorsque le treuil et la commande de translation sont montés sur le chariot, celui-ci peut, aux modifications du treuil près, être construit de même manière que dans les ponts roulants d'atelier.

Dans certains appareils, le nombre des mouvements à opérer est supérieur à celui des ponts roulants type ateliers, et en particulier la manœuvre de l'abaissement ou du relevage de la flèche ainsi que son orientation donnent lieu à des mécanismes variés. Nombreuses sont les dispositions relatives au relevage de la flèche, par la raison qu'elles tiennent de la nature de l'agent de force motrice qui actionne la grue. Cependant la flèche ou volée, au point de vue des moyens d'utilisation qu'elle comporte en soi, différencie moins la grue du pont roulant depuis que l'on a eu l'idée de la faire servir de simple support à un chariot qui se déplace le long de son bras. Même dans ce cas, elle conserve parfois sa position inclinée originelle.

Pour le relevage de la flèche, on utilise des dispositions de vis ordinaires fixées à l'extrémité des tirants que l'on visse ou dévisse dans leurs écrous, de mouflages, de vis sans fin, de cônes de friction, de cliquets ou rochets ou de combinaisons de deux ou plusieurs de ces organes. Les manœuvres de ces dispositifs peuvent, bien entendu, être opérées à la main ou au moteur.

Pour les grues de chemins de fer, manœuvrées à bras, on les établit de telle sorte que les tirants et la flèche soient montés sur des axes facilement démontables pour pouvoir les abaisser rapidement. Pour les grues pivotantes, le relevage de la flèche n'est presque toujours utilisé que pour changer le point de travail, rarement pour la translation de la charge. Enfin, pour les grues à voie en l'air à charpente fixe, la flèche doit pouvoir être retirée de sa position en porte à faux lorsqu'on doit laisser passer des bateaux à grands mâts ou que la grue doit être déplacée.

Les flèches qui se relèvent dans un plan vertical sont de beaucoup les plus employées; elles sont en général articulées autour d'un axe fixé au bâti. La portée peut être unie ou bilatérale.

Le problème de lever et de déplacer avec un treuil fixe une charge se résout généralement de la façon suivante: le câble de levage est fixé à une extrémité de la flèche et porte la charge par l'intermédiaire d'une poulie; il ne subit ainsi aucun allongement ou raccourcissement lorsque le chariot est mis en mouvement par le câble de translation. Pendant la translation, le câble de levage subit à pleine charge une flexion continue sur trois poulies, d'où résultent la même usure de câble et les mêmes résistances que pour le levage. Pour les grues à voie de roulage en l'air à long parcours du chariot, le câble de levage doit être déchargé par accrochage au chariot du mouflage inférieur. Dans la marche avec benne preneuse, cette disposition n'est utilisable que pour le câble d'ouver-

ture, parce que le câble de fermeture doit être, soit fixé à la benne, soit tiré par un mouflage à grand nombre de poulies. Si l'on pend la benne au crochet de grue, on perd beaucoup de hauteur. Dans les nouvelles grues américaines à grande puissance, cette construction a été modifiée par intercalation de deux poulies folles dans la traction du câble de levage.

Pour simplifier le treuil et le guidage des câbles, on a été amené à construire des grues qui travaillent avec un seul câble. Le câble de charge est disposé de telle manière qu'il exerce sur le chariot une traction unilatérale, qui pendant le levage est équilibrée par des forces extérieures.

Les grues pivotantes ont dû céder la place, partout où des transports doivent dépasser 30 à 40 tonnes à l'heure, aux grues à voie en l'air dont la capacité atteint jusqu'à 250 à 300 tonnes. En Amérique, les vitesses de levage vont jusqu'à 4 mètres par seconde et les puissances des moteurs atteignent quelques centaines de chevaux. La vitesse de translation ne dépasse pas 5 à 6 mètres par seconde. On arrive à faire deux ou trois manœuvres par minute. L'avenir dans les installations des ports paraît donc être en faveur des grues à voie en l'air, qui ont pris d'ailleurs une grande importance dans ces dernières années.

Les dimensions de ces appareils sont devenues considérables; la hauteur de levée dépasse parfois 40 mètres de hauteur. Pour l'équilibrage des charges, dans les types en porte à faux, le bras de moindre longueur reçoit un contrepoids, le plus souvent constitué par la cabine elle-même. En raison de leurs grandes dimensions et des vents violents auxquels ils ont à résister, ces appareils doivent être soumis à des calculs minutieux pour l'établissement de l'ossature.

Ces grues n'ont parfois qu'un seul moteur attaquant les différents mouvements par des transmissions à cordes et embrayages réversibles, ce qui donne, avec un chariot léger, des mouvements et arrêts rapides, mais avec une certaine complication de câbles de transmission.

Dans d'autres, le conducteur est sur le chariot même, au-dessus du crochet de levage; il n'y a plus de câbles de transmission, mais le chariot est lourd avec ses deux moteurs. Les opinions diffèrent sur la valeur comparative de ces deux moteurs.

Selon la façon dont les grues sont actionnées, on les divise en grues à bras, à vapeur, hydrauliques et électriques. Selon le mode d'utilisation de ces appareils, on les classe en grues pivotantes fixes, roulantes, murales, grues d'applique et à potence, grues tournantes fixes, pivotantes, grues à portique et à demi-portique, grues Cantilever, grues à chevalets sur roues, grues vélocipèdes, grues gerbeuses, grues à plateau, grues marteau, grues flottantes, grues de quai, grues de port, grues Titan, grues Derrick, grues bigues.

Chacune de ces dispositions prend en outre des dénominations spéciales dépendant des modes d'orientation et de translation ou de la forme spéciale donnée à la flèche.

Grues pivotantes. — Le champ d'application de ce genre de grues dans ses différentes formes est très étendu. Comme grue pivotante murale ou sur colonne, elle s'emploie dans les ateliers, les fonderies, les entrepôts, et à nombre d'usages les plus divers; elle s'utilise dans les ports pour le transbordement de marchandises, etc.

Les grues pivotantes s'exécutent fixes ou roulantes: dans le premier cas (*fig.* 127), elles sont disposées indépendantes, de manière à pouvoir virer en cercle complet, ou bien elles se construisent comme grues pivotantes murales et ne peuvent alors desservir qu'une partie de la surface circulaire. Les différents mécanismes de manœuvre sont actionnés de préférence par des moteurs électriques, à moins que la commande ne se

fasse à main. La vapeur ne s'emploie le plus souvent que lorsque l'amenée du courant électrique entraînerait des frais trop considérables; elle est utilisée en particulier quand la grue doit en même temps servir de grue locomotive.

Pour ne pas entraver la circulation, il est souvent nécessaire d'établir la grue pivotante sur une charpente en forme de portique, chevauchant la rue ou une voie de chemin de fer. On réalise ainsi la **grue portique**. Celle-ci est montée sur roues et peut être exécutée à deux jambages ou à jambage unique. Le dernier type s'emploie avec avantage quand un entrepôt ou autre bâtiment se trouve dans une position appropriée pour qu'on puisse y adapter un rail de translation. Les portiques s'exécutent avec poutres en tôle ou sont constitués par une charpente à croisillons. La partie qui porte les roues de translation possède des chasse-pierres formant supports en cas de rupture des roues, ainsi qu'un dispositif pour le blocage du portique sur les rails. On accède facilement à la plate-forme par une échelle.

Le type de grue que l'on rencontre le plus souvent est celui à **plaque tournante**. La plate-forme de la grue qui porte la commande de levage et d'orientation ainsi que la flèche s'appuie, par l'intermédiaire de deux paires de galets, sur un rail circulaire. Comme guide, on se sert en général d'un pivot court, plus rarement d'une colonne qui doit transmettre une

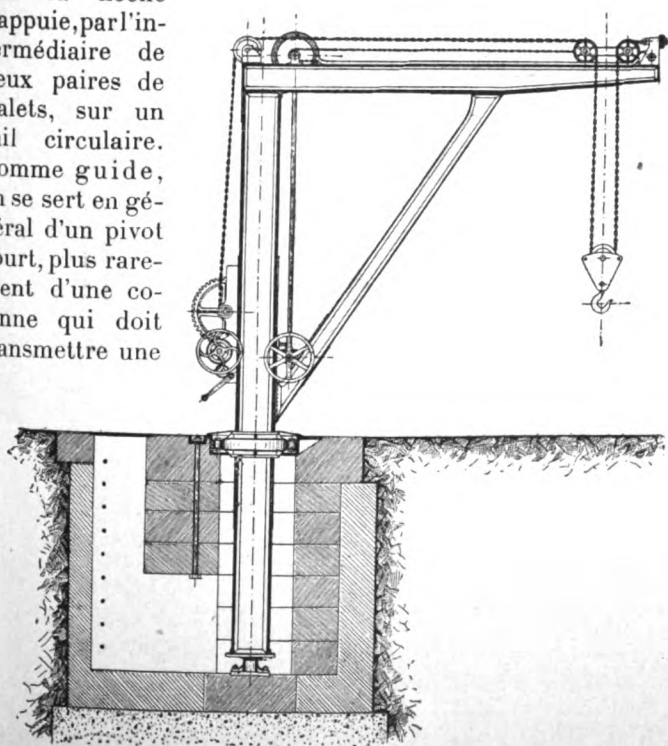


FIG. 128. — Grue pivotante à bras à pivot inférieur et à direction.

partie du mouvement de culbutage.* Les grues pivotantes ne

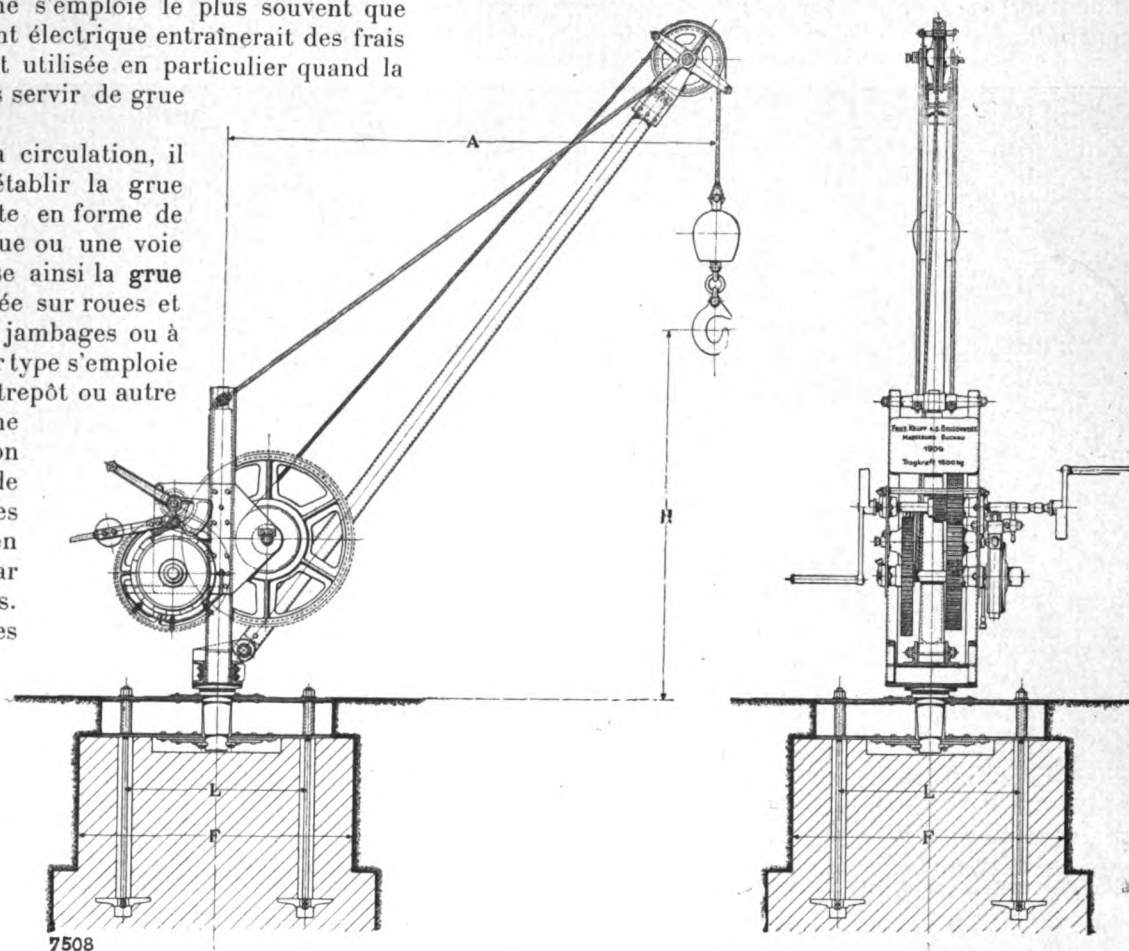


FIG. 127. — Grue pivotante fixe manœuvrée à main.

sont plus utilisables en général pour les distances de transport supérieures à environ 30 mètres. Le mouvement de translation de la grue n'est presque toujours utilisé que pour changer le point de travail, rarement pour la translation de la charge. Il en est à peu près de même pour le levage de la flèche. La commande hydraulique convient parfaitement pour les grues pivotantes.

Grues pivotantes à bras. — Les grues à pivot inférieur se font pour des puissances de 5.000 à 6.000 kilogrammes et elles conviennent pour le déchargement des pièces lourdes; celles à pivot inférieur et à direction s'emploient pour le service des marteaux-pilons et des presses à forger ainsi que dans les fonderies. On les construit de façon que le mouvement de direction permette au crochet d'approcher le plus possible de l'axe de rotation de la grue.

La grue à pivot inférieur simple (fig. 127) consiste en un arbre vertical reposant par sa partie inférieure sur une crapaudine; cet arbre est maintenu dans la maçonnerie soit par une cuvette, soit par un collier à galets. La volée est fixée par le bas au pivot et retenue par le haut par deux tirants dont les autres extrémités sont adaptées à la tête du pivot. En bout de la poulie, sur laquelle s'enroule une chaîne qui vient s'accrocher soit directement au crochet de levage muni d'un contrepoids, soit en passant sur une poulie mobile si elle est mouflée; l'autre bout de la chaîne longe les tirants, munis ou non de rouleaux, et vient s'enrouler sur le treuil. Celui-ci est disposé sur l'appareil pivotant ou sur la volée. Pour déposer le fardeau, on fait tourner la grue autour de son axe vertical, et lorsqu'elle est arrivée à la position voulue, on laisse descendre la charge en n'agissant sur les manivelles que pour empêcher le mouvement de s'accélérer.

Dans certains engins, le pivot porte un contrepoids et l'appareil reçoit une contre-flèche horizontale qui permet d'y

Les grues à potence à révolution complète ne sont pas autre chose que des grues pivotantes à direction, dont la partie supérieure de la partie pivotante est maintenue dans une pièce fixe.

Les grues à potence murales ou appliquées (*fig. 129*), qui pivotent autour de sabots fixés contre les murs ou sur des colonnes, ne peuvent effectuer qu'une demi-révolution. Le levage s'opère soit à l'aide d'un treuil fixé sur le pivot ou sur le sol, soit d'un palan adapté à un chariot.

Les grues pivotantes pour fonderies (*fig. 130 et 131*) sont généralement du type à direction; l'arbre fixe, solidement ancré dans un massif en maçonnerie, porte à sa partie supérieure la crapaudine dans laquelle tourne le pivot faisant partie de la charpente. Celle-ci est constituée soit par un

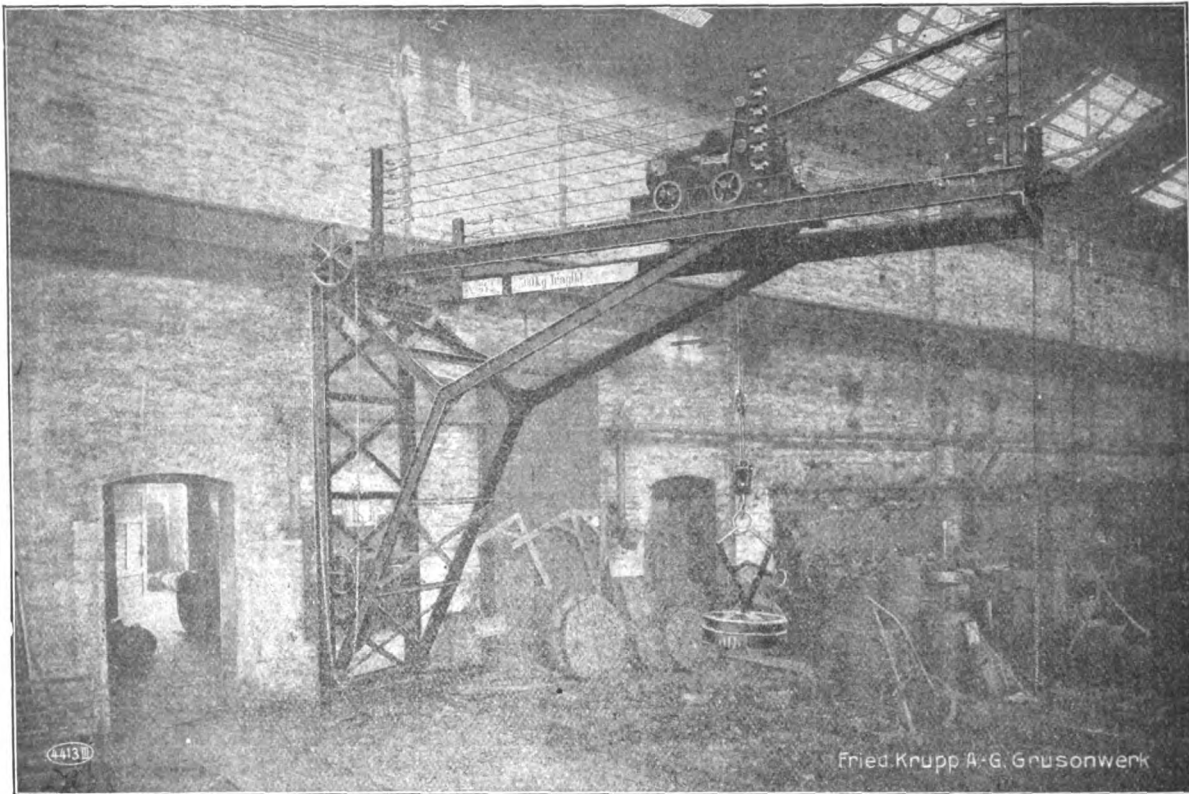


FIG. 129. — Grue pivotante murale à mécanisme de levage électrique. Puissance 500 kilogrammes; portée 4 mètres; hauteur de levage 10 mètres. (Construction Fried. Krupp, A. G.)

d'apter une plate-forme pour les hommes qui manœuvrent la grue.

Les grues à pivot avec direction (*fig. 128*) se font avec treuils appliqués ou trenils séparés; c'est le mouvement du chariot

tube entourant l'arbre fixe (qui peut être lui-même un tube, soit par fers profilés. Une couronne de galets placée à la partie inférieure facilite la rotation, qui ne diffère pas comme douceur de celles des grues à pivot inférieur.

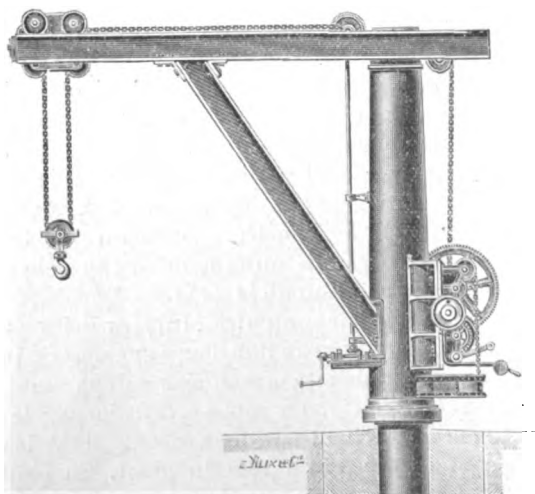


FIG. 130. — Grue à bras de fonderie sur arbre fixe. Construction Piat et Fougérol.

roulant sur une flèche horizontale ou inclinée qui permet de faire varier la portée.

L'actionnement du chariot se fait par chaîne continue, commandée par une poulie à empreintes avec chaînes pendantes ou par transmissions à engrenages coniques manœuvrées du sol.

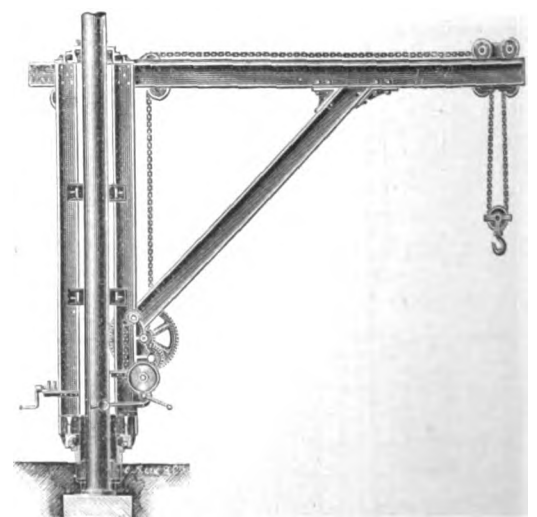


FIG. 131. — Grue pivotante à bras, sur colonne. Construction Piat et Fougérol.

Pour ces dernières, le collier supérieur est le plus souvent encastré entre deux poutres moisées de la charpente, et le coussinet est à rotule pour éviter tout coincement du pivot. S'il est impossible de fixer un collier sur la charpente, la grue peut être montée sur une colonne existante, autour de

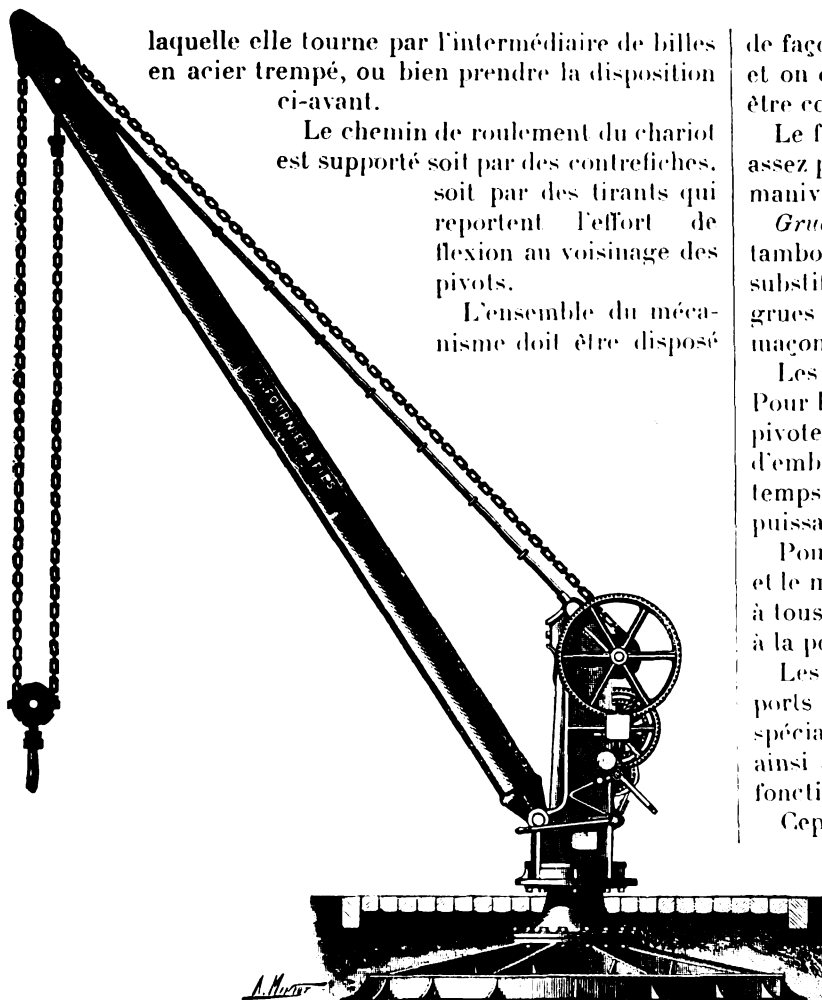


FIG. 132. — Grue tournante à main. (Construction A. Fournier et fils.)

laquelle elle tourne par l'intermédiaire de billes en acier trempé, ou bien prendre la disposition ci-avant.

Le chemin de roulement du chariot est supporté soit par des contrefiches, soit par des tirants qui reportent l'effort de flexion au voisinage des pivots.

L'ensemble du mécanisme doit être disposé

de façon que l'ouvrier aux manivelles ait le crochet devant lui et on dispose le plus souvent la translation du chariot pour être commandée par engrenages à deux vitesses.

Le frein automatique dont sont munis ces engins doit être assez précis pour permettre le remontage sans le secours des manivelles.

Grues pivotantes à vapeur. — Les treuils peuvent être à tambour ou à noix ; dans le premier cas, un câble métallique substitué à la chaîne de levage donne de bons résultats. Les grues pivotantes fixes sont montées sur pivots noyés dans la maçonnerie ou sur plaques de fondation.

Les moteurs sont à deux cylindres, horizontaux ou inclinés. Pour les petites forces, le treuil est à simple engrenage et le pivotement se produit à droite ou à gauche par un levier d'embrayage. Ce mouvement peut être effectué en même temps que ceux de levée ou de descente rapide. Un frein de puissance permet d'obtenir une descente rapide.

Pour les grandes forces, le treuil est à double engrenage et le moteur à vapeur, qui est réversible, donne le mouvement à tous les organes, et tous les leviers de mise en marche sont à la portée du mécanicien.

Les grues à vapeur ont presque disparu de tous les grands ports maritimes, parce qu'elles nécessitaient une chaudière spéciale pour chaque engin ; les dangers d'incendie étaient ainsi augmentés et chaque appareil n'était prêt à entrer en fonction qu'après la mise en pression du générateur.

Cependant ces engins peuvent rendre des services pour outiller un quai à faible trafic et éloigné du centre du port. Ainsi, le port de Hambourg possède une installation de deux cents grues, mais la vapeur est amenée d'une station centrale jusqu'aux grues au moyen d'une canalisation fixée aux toits des hangars.

Dans les grues puissantes pour forges ou chantiers importants, la partie tournante de l'engin se compose

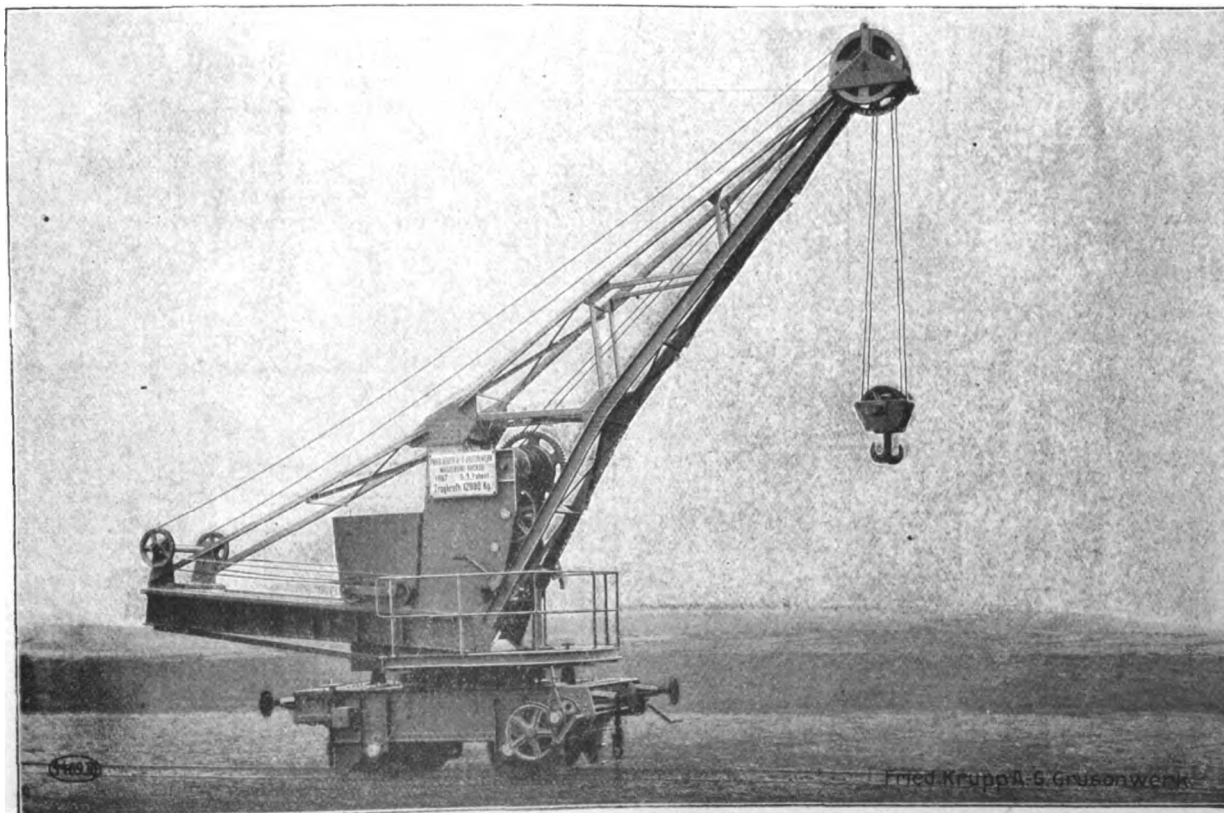


FIG. 133. — Grue pivotante roulante à main, avec contrepoids à déplacement automatique. Puissance 12.000 kilogrammes ; portée 6 mètres ; hauteur de levage 6 mètres. (Construction Fried Krupp, A. G.)

d'une poutre en tôle d'acier et le pivot est lui-même en tôle centré à hauteur du sol dans une couronne recevant pour les divers mouvements à opérer. Le treuil de levage est avec trains d'engrenages ou avec vis sans fin et engrenages.

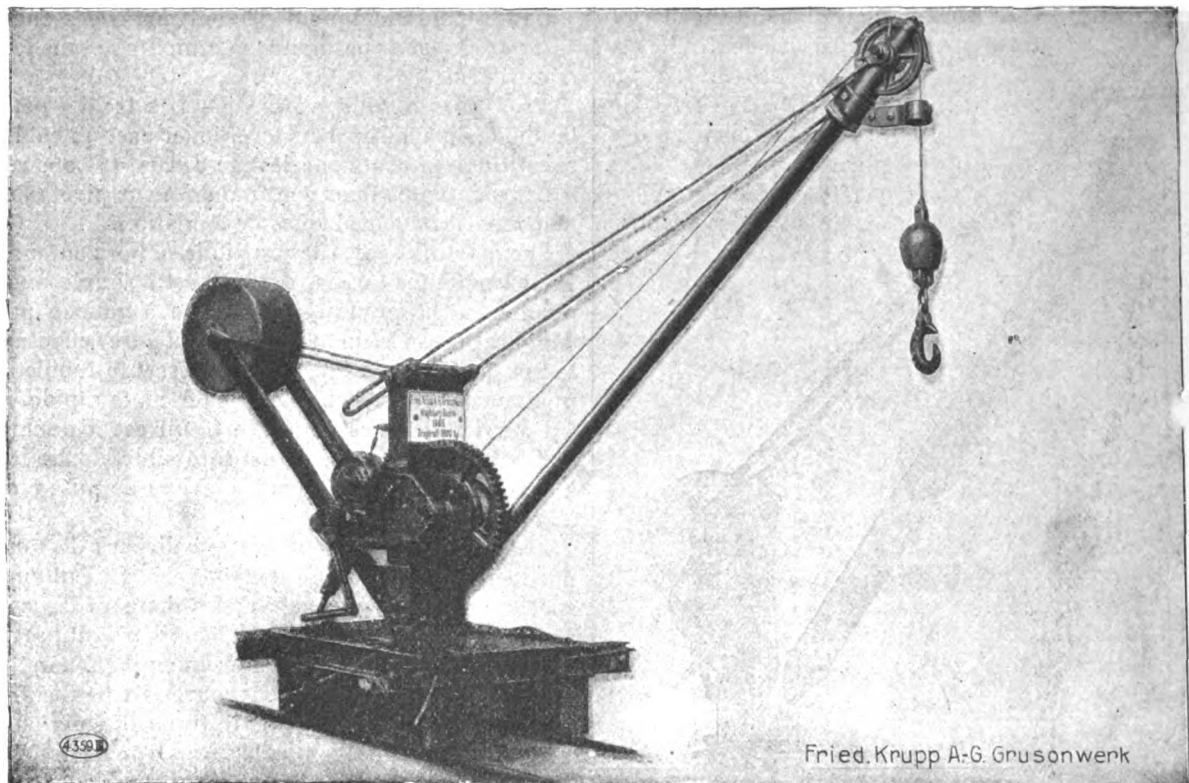


FIG. 134. — Grue pivotante roulante à main. Puissance 1.000 kilogrammes; portée 3 mètres; hauteur de levage 2^m,5.
(Construction Fried Krupp, A. G.)

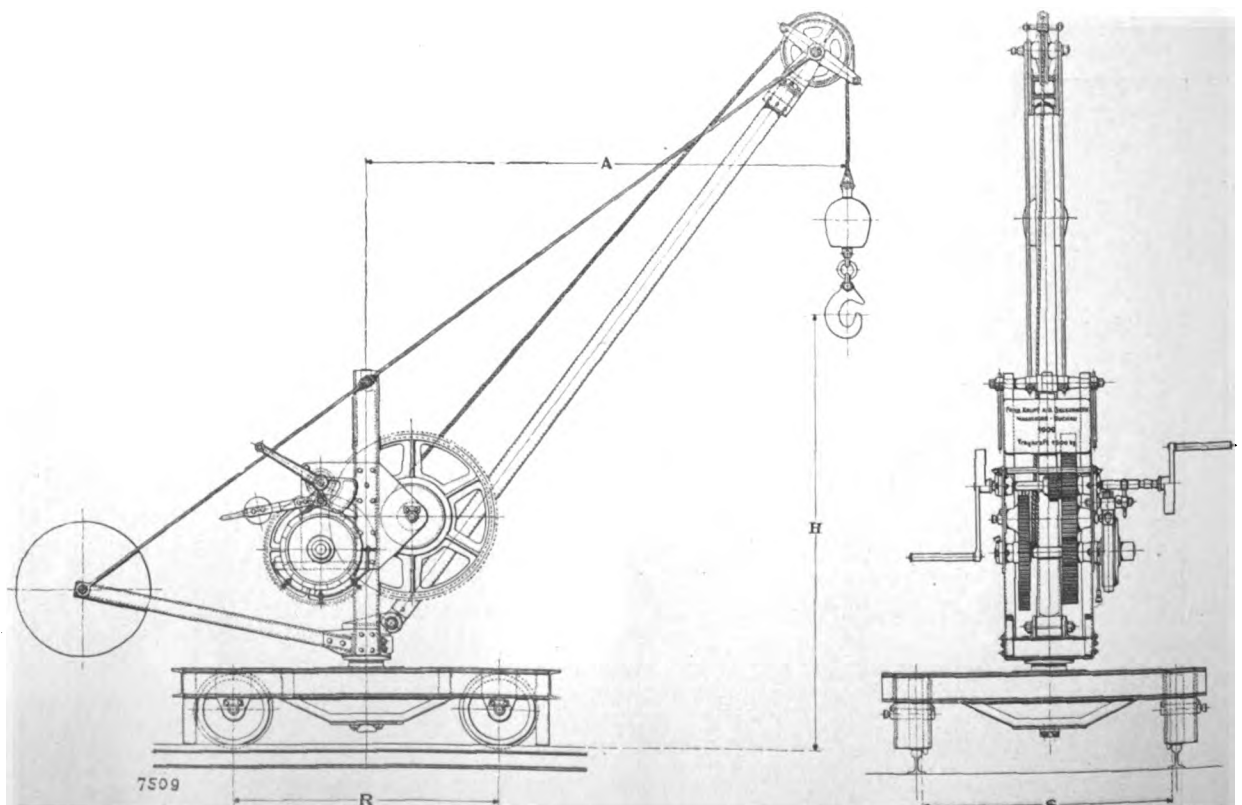


FIG. 135. — Grue pivotante roulante manœuvrée à main.

une douille en bronze phosphoreux. Dans le cas d'un seul moteur à vapeur, l'arbre de commande reçoit les embrayages La rotation a lieu par vis sans fin et engrenages engrenant avec une couronne dentée solidaire de la partie tournante. La

translation du chariot s'effectue par engrenages droits et engrenages coniques.

Les gros engins comportent parfois trois moteurs à vapeur à deux cylindres et à deux vitesses. Le principal est destiné au soulèvement des gros poids; un autre, à soulever les poids faibles et le dernier à faire tourner la grue.

La pression de la vapeur est de 3 à 4 kilogrammes et le nombre de tours du moteur varie de 130 à 180 tours. Les vitesses des

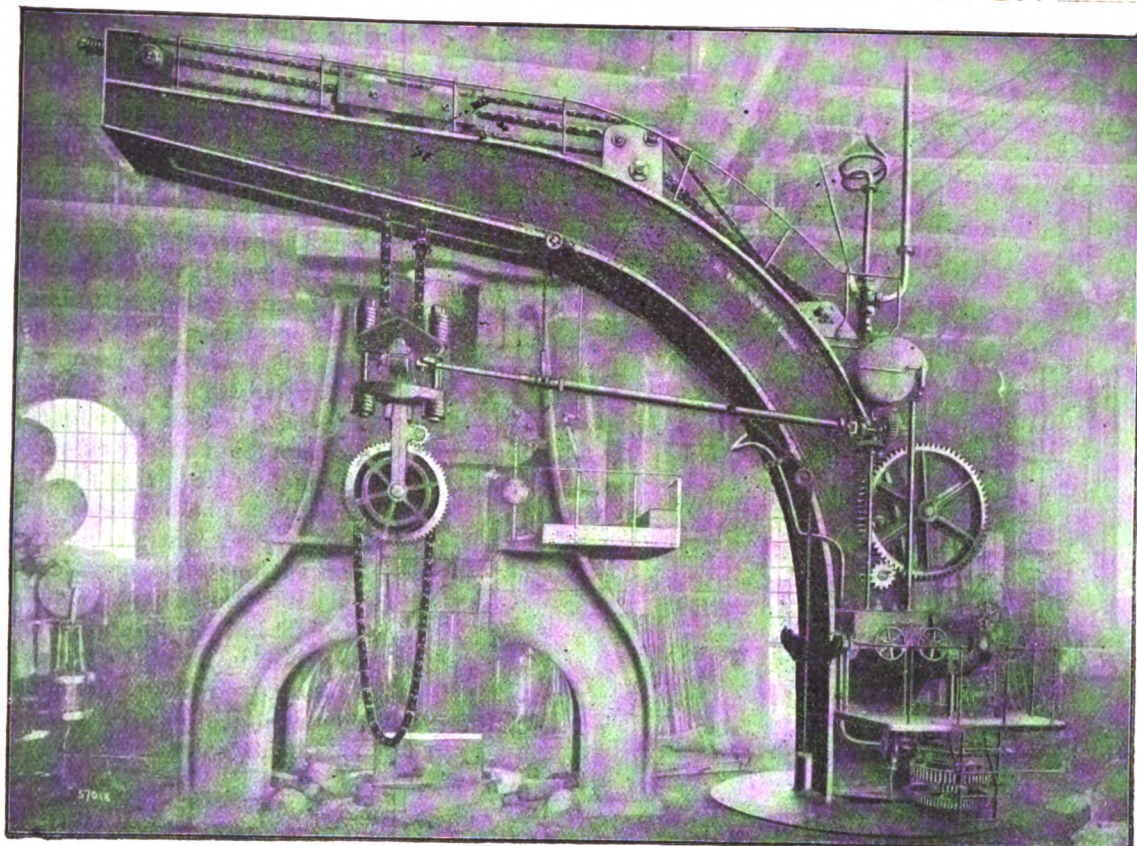


FIG. 137. — Grue à vapeur, à col de cygne, de 60 tonnes, pour marteaux-pilons, presses à forger, etc. (Construction Biérix, Lefaive et C^o.)

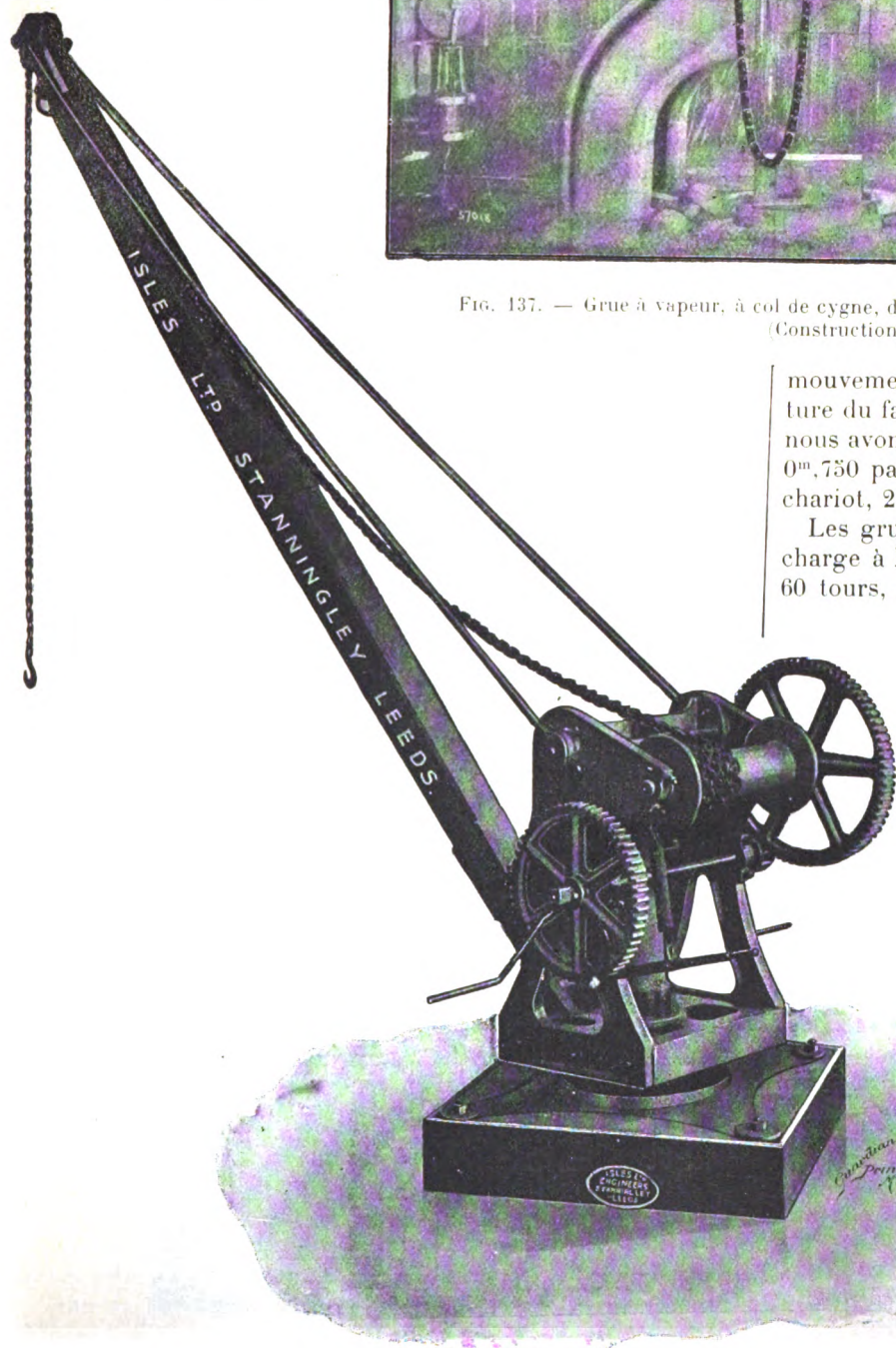


FIG. 136. — Grue à bras pivotante. (Construction Glaenzer et Perreaud.)

mouvements varient selon la puissance des engins et la nature du fardeau à manœuvrer : pour une grue de 60 tonnes, nous avons relevé les chiffres suivants : levage sous 60 tonnes, 0^m,750 par minute; levage 30 tonnes, 1^m,50; translation du chariot, 2 mètres, et orientation, 72° à la minute.

Les grues du port de Glasgow, de 130 tonnes, élèvent la charge à la vitesse de 1^m,22 par minute à 130 tours, 2^m,70 à 60 tours, 8^m,55 à 20 tours et 18^m,30 à 8 tours. Les vitesses de giration sont : 1 tour en 5 minutes à 130 tours et 1 tour en 2^m17^s à 60 tours.

La grue de 180 tonnes des usines Marbel, à Saint-Etienne, donne au levage ainsi qu'à la translation une vitesse de 0^m,40 à la minute.

Grues pivotantes électriques. — Les grues électriques ont un rendement à pleine charge un peu inférieur à celui des grues hydrauliques, mais leur rendement pratique est bien supérieur au système hydraulique, car avec l'électricité la puissance absorbée est en proportion du travail utile.

Les dépenses de canalisations électriques, généralement aériennes, sont relativement peu élevées; leur installation est facile et on peut économiquement y apporter des modifications. Un des grands avantages du système électrique est de permettre de desservir à tout instant, à l'endroit voulu, les engins dont le fonctionnement n'est que temporaire. Les moteurs, comme nous l'avons expliqué, ont un couple de démarrage puissant; ils sont aptes à vaincre les surcharges momentanées, étant d'un rendement conve-

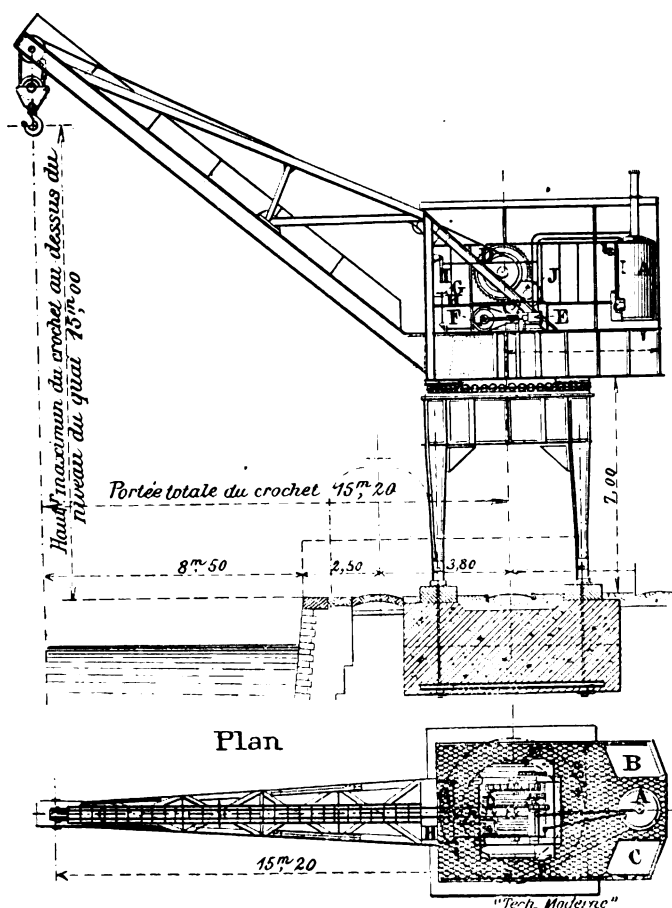


FIG. 138. — Grue pivotante à vapeur de 40 tonnes du port de la Rochelle-Pallice.

A. chaudière. — B. caisse à eau. — C. soute à charbon. — D. tambour. — E. cylindres. — F. axe des embrayages. — G. volant de commande des embrayages d'orientation. — H. volant commandant le levage et la descente. — I. levier de commande du robinet de vapeur. — J. axe du treuil.

nable à toutes charges. On obtient une marche pratiquement silencieuse en commandant le mécanisme de levage par un pignon de cuir.

Les démarrages et les arrêts s'effectuent plus lentement et moins sûrement qu'avec le système hydraulique; mais, par contre, les grues électriques sont d'une grande mobilité quand il y a lieu d'opérer des déplacements, et l'on peut toujours disposer l'appareil de façon à prendre la charge dans les conditions les plus favorables. L'entretien n'est guère compliqué et ne nécessite pas un appareillage trop particulier.

Les premières grues comportaient fréquemment l'emploi d'un seul moteur, qui commandait par des accouplements à friction les treuils de levage et d'orientation. Aujourd'hui, toutes les grues ont au moins deux moteurs et la transmission se fait toujours au moyen d'engrenages et de vis sans fin.

Le moteur de levage fait tourner un tambour sur lequel s'enroule la chaîne ou le câble qui supporte la charge, et l'inertie des pièces en mouvement est un inconvénient sérieux au fonctionnement; cette grande inertie réduit sensiblement le rendement moyen, car les démarrages sont fréquents et la force vive ne peut pas être récupérée. Elle diminue aussi la rapidité et la précision des mouvements, et on a pu dire que les grues les plus rapides étaient celles dont les moteurs étaient plus lents. Aussi, les constructeurs sont résolument entrés dans la voie de la réduction du nombre de tours des moteurs, et on a vu la maison Schuckert mettre en service des grues dont le moteur de levage ne tourne qu'à 170 tours.

Le prix d'établissement des grues n'est pas très variable suivant la vitesse du moteur. Les moteurs lents sont plus coûteux, mais l'augmentation de dépense est compensée par l'économie faite dans la partie mécanique, par suite de la suppression du train d'engrenages intermédiaire entre l'arbre du moteur et celui du tambour.

Pour maintenir la charge sans dépense de courant, on met

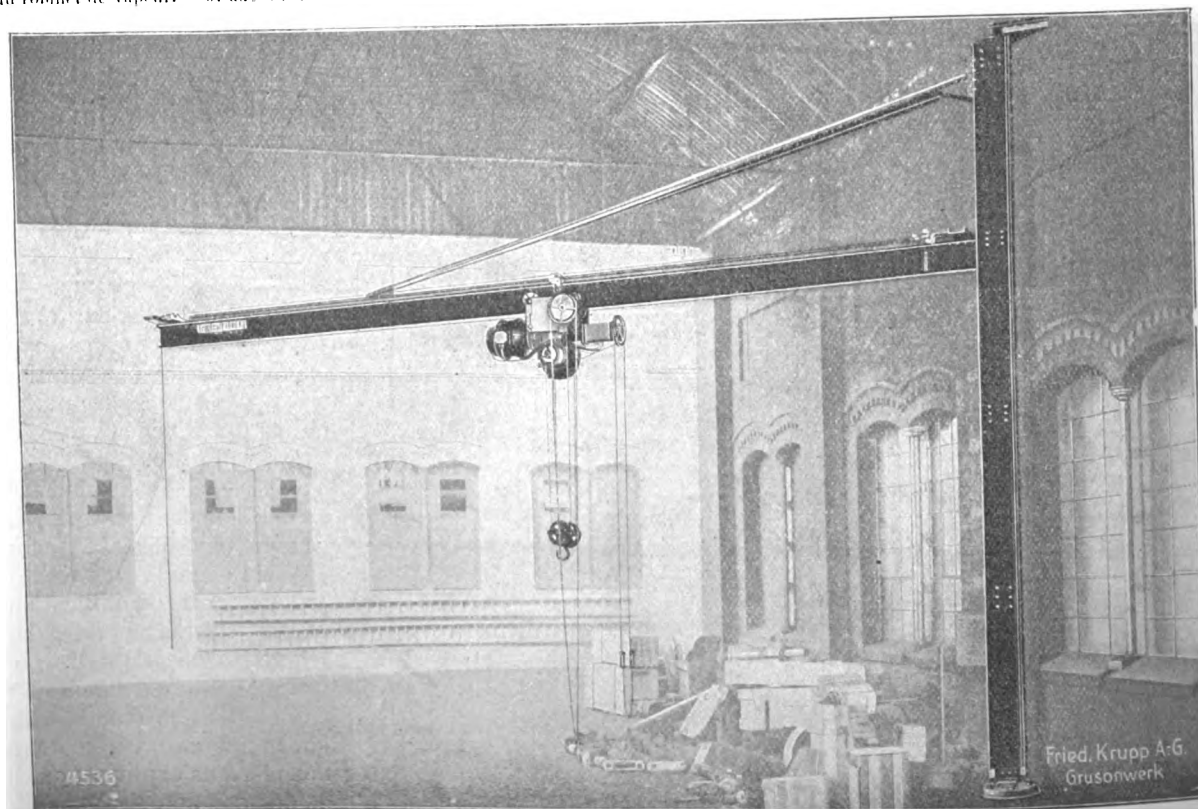


FIG. 139. — Grue pivotante murale avec chariot à moteur électrique. Puissance 1.000 kilogrammes; portée 9m,7; hauteur de levage 4m,1. (Construction Fried Krupp, A. G.)

un frein électromagnétique sur l'arbre du tambour; comme contrôleurs de l'appareil de levage, on emploie des appareils semblables à ceux des tramways et dont les mouvements de la manette se font dans le même sens que ceux de la charge.

Comme appareils de sécurité des treuils, on emploie des coupe-circuits et des interrupteurs à maxima.

Lorsque l'accouplement du moteur et du treuil a lieu sans interposition de frictions, on a recours à des limiteurs de force.

Les moteurs de rotation à courant continu sont toujours excités en série, par la raison que les frottements à vide sont toujours relativement élevés à cause du poids mort de la partie tournante. Le moteur agit sur un tourteau denté de grand diamètre fixé sur le portique de la grue; la réduction de vitesse s'obtient généralement par vis sans fin et roue hélicoïdale et aussi par des engrenages avec des pignons coniques. Pour que l'arrêt puisse se faire avec précision, le coupleur du moteur est muni de freins agissant dans les deux sens.

On commande assez souvent par une seule manette les contrôleurs de levage et d'orientation: la charge monte ou descend, suivant que le conducteur élève ou abaisse la manette, et la rotation a lieu dans un sens ou dans l'autre, suivant l'azimut où l'on met la manette.

Pour les petites forces, le moteur n'opère que le levage, les autres manœuvres s'effectuant à la main. Dans ce cas, l'électro-moteur transmet son mouvement au moyen d'une courroie,

par exemple à un arbre intermédiaire d'un treuil portant un embrayage et une poulie folle, reliée elle-même par courroie à

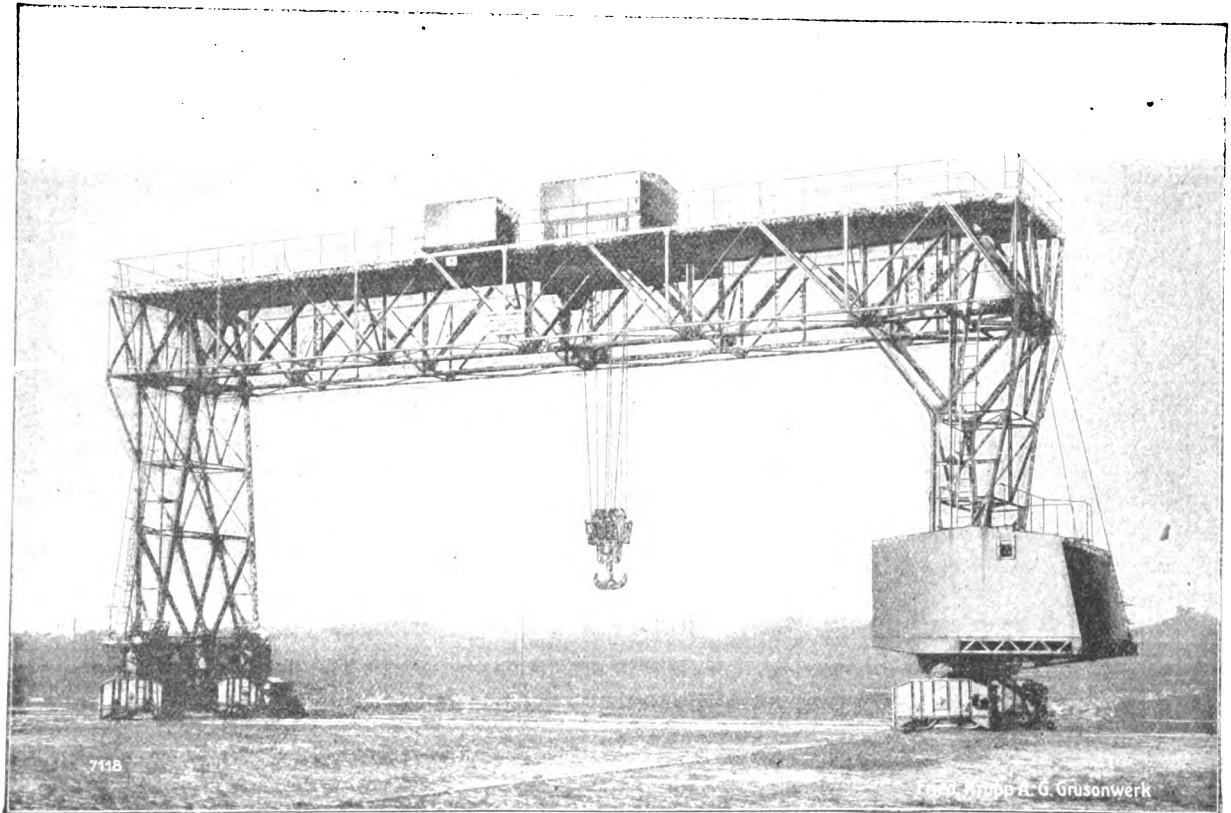


FIG. 140. — Grue électrique à bogies pivotants (les bogies étant tournés de 90°).
Puissance 7.500 kilogrammes: portée 25 mètres; hauteur de levage 10 mètres. (Construction Fried Krupp, A. G.)

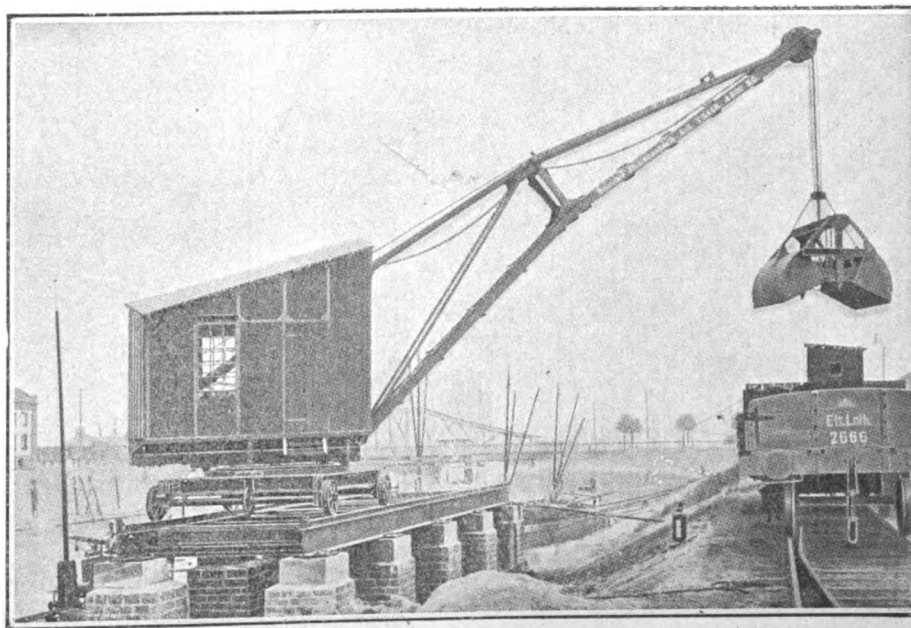


FIG. 141. — Grue électrique pivotante de 2.000 kilogrammes, avec benne preceuse.
(Société de Manutentions mécaniques industrielles.)

l'arbre des manivelles sur lequel est fixé le frein avec son cliquet de sûreté. L'inverseur à rhéostat est monté sur le socle de l'engin à hauteur de main, ainsi qu'un levier pour la commande du frein à la descente. Le treuil qui tire la chaîne de levage est fixe ou mobile avec le pivot de la grue. Dans le premier cas, la chaîne traverse le pivot et sa crapaudine et subit une torsion pendant la rotation. Dans le second cas, cet inconvénient n'existe pas, mais l'effort nécessaire pour produire la rotation est plus considérable. Généralement, on place le moteur du côté opposé à la charge, qu'il équilibre ainsi en partie.

Dans le cas d'une grue roulante, le mouvement de translation peut être donné, par exemple, par deux chaînes Galle commandant chacune l'un des essieux du truck; l'arbre du

pignon Galle est relié par engrenages à l'arbre de prise de force, et un cône de friction double permet d'obtenir le déplacement avant ou arrière de la grue. Quant au mouvement de la flèche, il peut s'opérer par des engrenages hélicoïdaux reliés à l'arbre de prise de force et faisant tourner un arbre recevant deux pignons Galle entraînant cha-

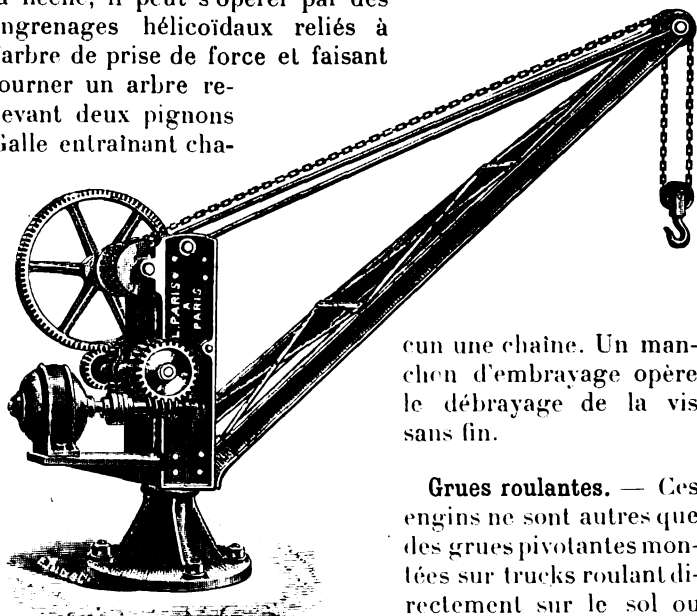


FIG. 142. — Grue électrique pivotante mobile. (Système Paris.)

nies de contrepoids qui adoucissent le mouvement de rotation et permettent de réduire l'importance du massif d'ancrage. Les grues à bras de ce type se font couramment pour des forces variant de 150 à 10.000 kilogrammes. Pour le service des voies étroites, le truck est monté sur boggies et le treuil est fixé sur la flèche.

cun une chaîne. Un manchon d'embrayage opère le débrayage de la vis sans fin.

Grues roulantes. — Ces engins ne sont autres que des grues pivotantes montées sur trucks roulant directement sur le sol ou sur des rails. Lorsqu'on dispose d'une place suffisante, ces grues sont munies de contrepoids qui adoucissent le mouvement de rotation et permettent de réduire l'importance du massif d'ancrage. Les grues à bras de ce type se font couramment pour des forces variant de 150 à 10.000 kilogrammes. Pour le service des voies étroites, le truck est monté sur boggies et le treuil est fixé sur la flèche.

Dans les grues roulantes à paliers, employées dans les ateliers où la disposition des bâtiments ne comporte pas l'établisse-

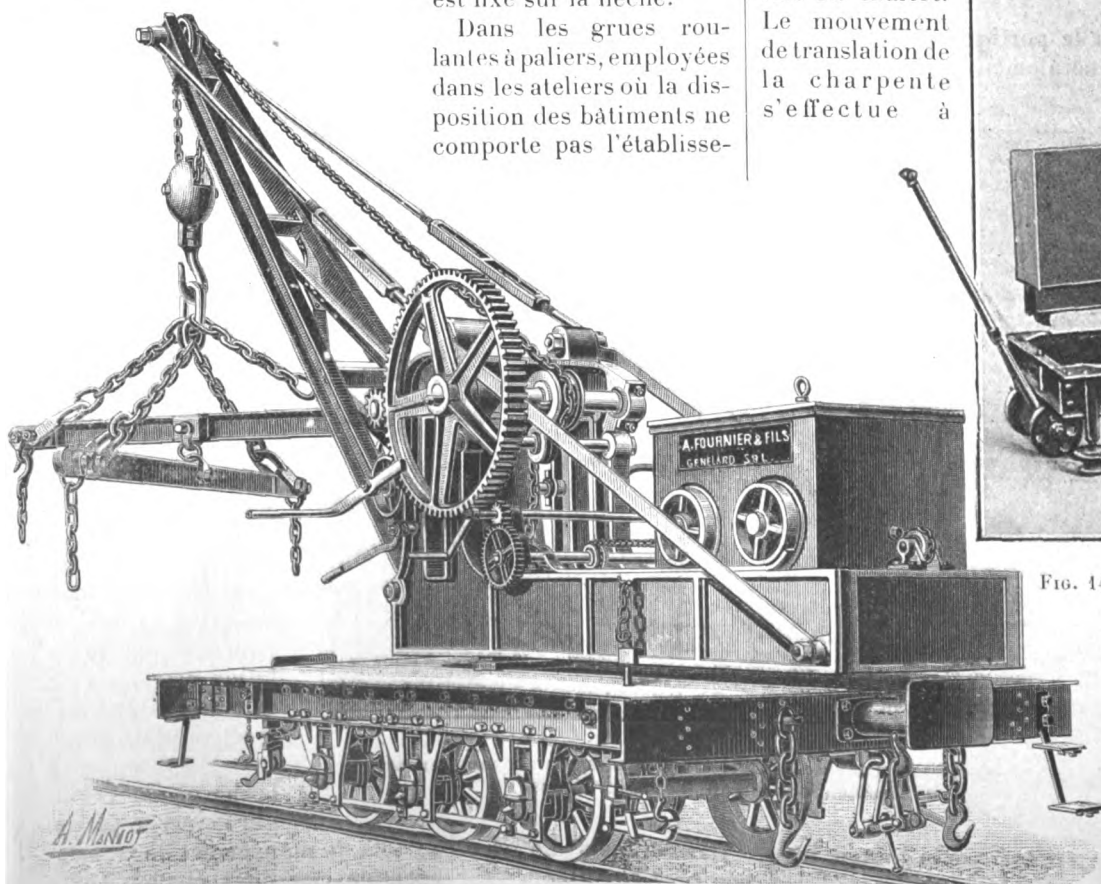


FIG. 143. — Grue roulante sur voie à manœuvre à bras. (Construction A. Fournier et fils.)

ment d'un pont roulant dans les fermes, ainsi que dans les

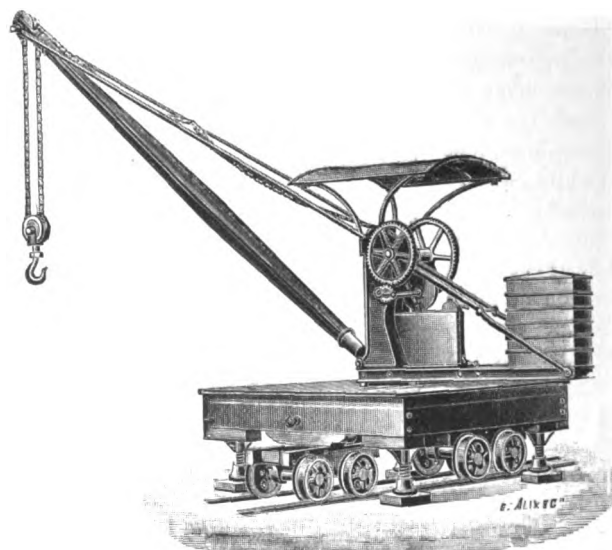


FIG. 143. — Grue roulante à bras, à voie étroite. (Construction Piat et Fougerol.)

carrières, les gares de chemins de fer, etc., on munit ces engins de treuils roulants avec chaînes pendantes pour les mouvements de levage de la charge et de translation latérale du chariot. Le mouvement de translation de la charpente s'effectue à

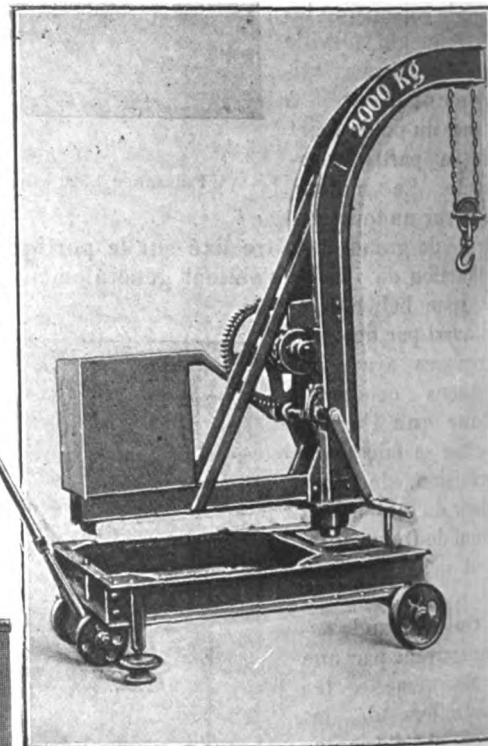


FIG. 144. — Grue roulante « l'Indispensable ».

l'aide d'un volant commandant un harnais d'engrenages actionnant l'un des galets de chaque palée.

On peut commander d'un même point le levage, la direction et la translation, lorsque la manœuvre par chaîne pendante présente des inconvénients. Quand la voie est bor-

dée d'obstacles, les hommes qui manœuvrent l'appareil peuvent monter sur une forme disposée *ad hoc* et se déplacer ainsi avec l'engin. Dans certains appareils le treuil, monté sur chariot, roule sur les poutres. On ménage alors un chemin au long de celles-ci avec un garde-corps pour les hommes préposés à la manœuvre. Les grues roulantes à vapeur sont d'un usage assez courant; l'orientation est produite au moyen d'un chapelet de galets roulant entre deux cercles en fer forgé et indépendants du truck et de la plate-forme, à l'instar des plaques tournantes. Dans les grues puissantes, on dispose un moteur spécialement pour faire tourner la grue. D'autres fois, l'orientation est demandée à une crémaillère engrenant avec une couronne dentée sur laquelle roule la partie tournante de l'engin; la prise de force se fait sur un double cône, calé sur l'arbre de la machine, au moyen d'un cône lisse quand on ne dispose que d'un seul moteur à vapeur pour opérer tous les mouvements de la grue.

Les grues roulantes se rencontrent fréquemment encore dans la disposition hydraulique pour les déchargements sur quais. Il apparaît nécessaire de donner au préalable quelques généralités sur l'application de l'eau sous pression à la manœuvre des fardeaux.

Aux appareils de levage fonctionnant à l'aide de l'eau sous pression sont adaptés des moteurs hydrauliques qui sont, soit des machines à mouvement rotatif continu, soit des palans inverses, soit des presses hydrauliques. Le palan inverse est le moteur le plus employé.

Le rendement pratique de ces sortes d'engins est très différent du rendement à pleine charge; alors qu'il est très élevé

sous ce dernier rapport (il atteint 0,60 pour de forts appareils), il tombe jusqu'à 0,20 en

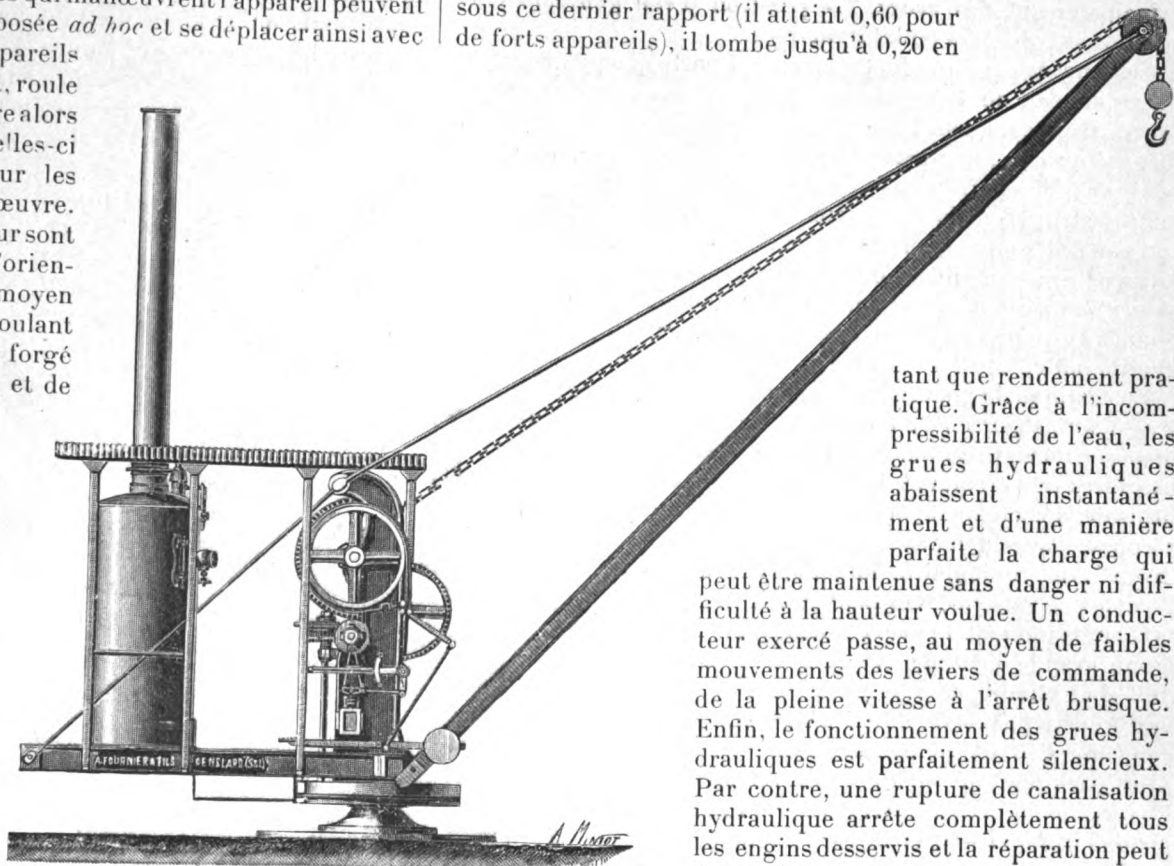


FIG. 146. — Grue tournante à vapeur. (Construction A. Fournier et fils.)

tant que rendement pratique. Grâce à l'incompressibilité de l'eau, les grues hydrauliques abaissent instantanément et d'une manière parfaite la charge qui peut être maintenue sans danger ni difficulté à la hauteur voulue. Un conducteur exercé passe, au moyen de faibles mouvements des leviers de commande, de la pleine vitesse à l'arrêt brusque. Enfin, le fonctionnement des grues hydrauliques est parfaitement silencieux. Par contre, une rupture de canalisation hydraulique arrête complètement tous les engins desservis et la réparation peut demander un temps relativement fort long. Les joints doivent être faits avec grand soin pour résister aux pressions de 50 kilogrammes et plus par centimètre

carré. L'entretien comprend, en dehors du nettoyage et du graissage, le remplacement des bourrages et des joints, le rodage des clapets et le rafraîchissement des parties des tiroirs.

Les engins hydrauliques mobiles présentent un déplacement difficile, à tel point que l'on préfère travailler dans de mauvaises conditions plutôt que d'arrêter le travail et faire un déplacement utile.

Pour une même puissance, les grues hydrauliques coûtent moins cher d'établissement que les grues électriques. Tous les ports de commerce bien aménagés possèdent un outillage hydraulique, comprenant : station centrale généra-

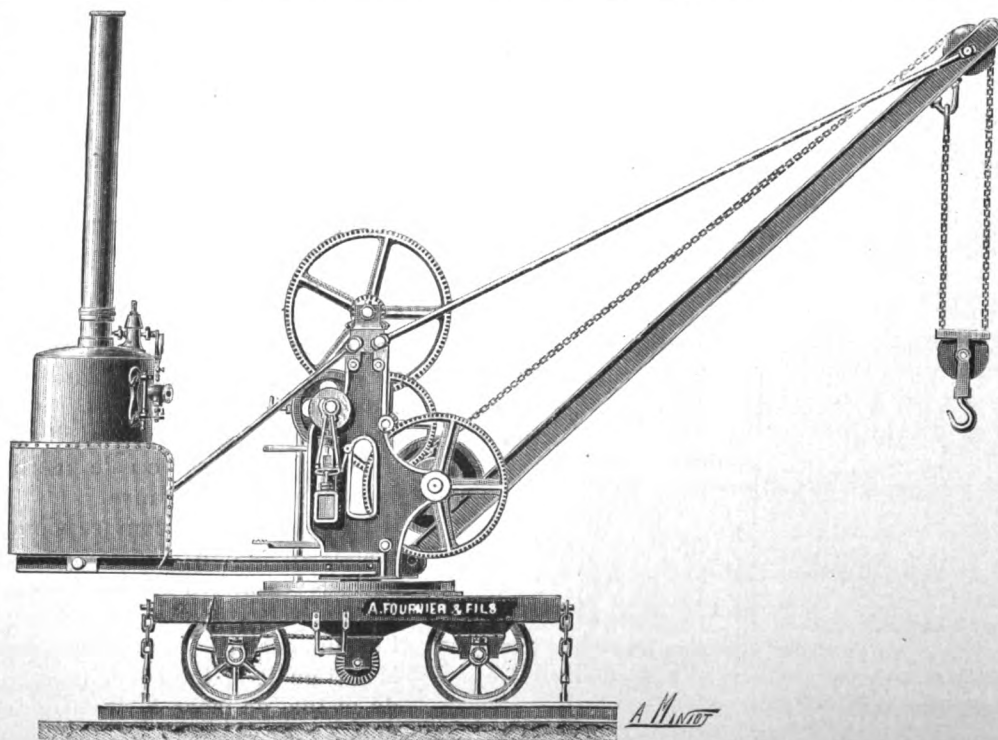


FIG. 147. — Grue roulante à vapeur. (Construction A. Fournier et fils.)

trice et canalisation donnant ainsi le moyen d'actionner, au moyen de l'eau sous pression, des appareils de levage et

principalement des grues. La pression d'eau généralement adoptée est de 50 à 60 kilogrammes.

Ces engins étaient adoptés pour les ports jusqu'à ces dernières années, où l'électricité leur a fait une grande concurrence. Ils se composent d'une volée tournante et d'un support, disposé ou non pour permettre le passage des wagons entre ses points d'appui.

La distribution de l'eau dans le cylindre de levage s'effectue par des soupapes, l'une pour l'introduction, l'autre pour l'évacuation. La boîte de distribution contient une troisième soupape qui fonctionne d'une manière automatique quand la pression devient excessive dans le cylindre ou dans la boîte.

En pratique, la puissance des grues de quai varie entre 1 et 3 tonnes, mais la hauteur d'élévation dont il faut disposer dépasse 20 mètres. Pour éviter à cet effet des cylindres très étroits et d'une longueur excessive si l'on utilisait directement la puissance hydraulique, on a recours, pour la manœuvre de levage, à la disposition funiculaire, comme cela a lieu pour les ascenseurs. On peut ainsi, en mettant suffisamment de brins, élever une charge à une grande hauteur avec un diamètre réduit du cylindre et une faible course. Il est vrai que la disposition funiculaire offre l'inconvénient d'une dépense constante d'eau sous pression, quelle que soit la charge à élever, mais on y remédie en utilisant des pistons différentiels, en se servant de pistons télescopiques ou en multipliant le nombre des cylindres.

Pour effectuer la rotation de la grue, deux plongeurs accouplés sont attachés aux extrémités d'une chaîne enroulée sur un tambour. Les cy-

lindres plongeurs sont généralement sur la partie tournante | de la grue, tandis que le tambour fait partie du support. On tourne dans un sens en mettant un des cylindres à l'introduction et l'autre à l'évacuation; on tourne en sens contraire en envoyant l'eau sous pression dans le deuxième cylindre et en laissant le premier se vider. L'appareil de distribution est presque aussi simple que celui qui commande le mouvement d'élévation; il se compose d'un tiroir spécial muni de soupapes de choc pour éviter les coups de bélier.

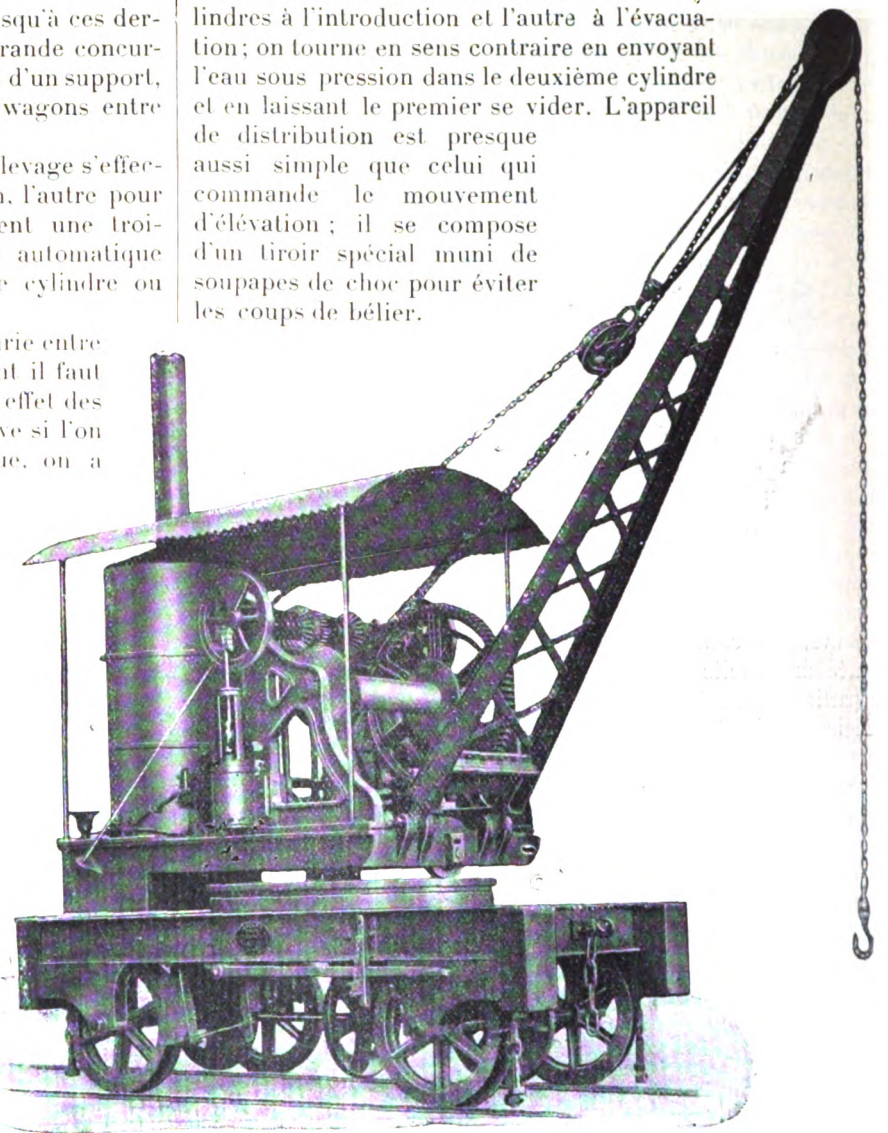


FIG. 148. — Grue à vapeur roulante. (Construction Glaenzer et Perreaud.)

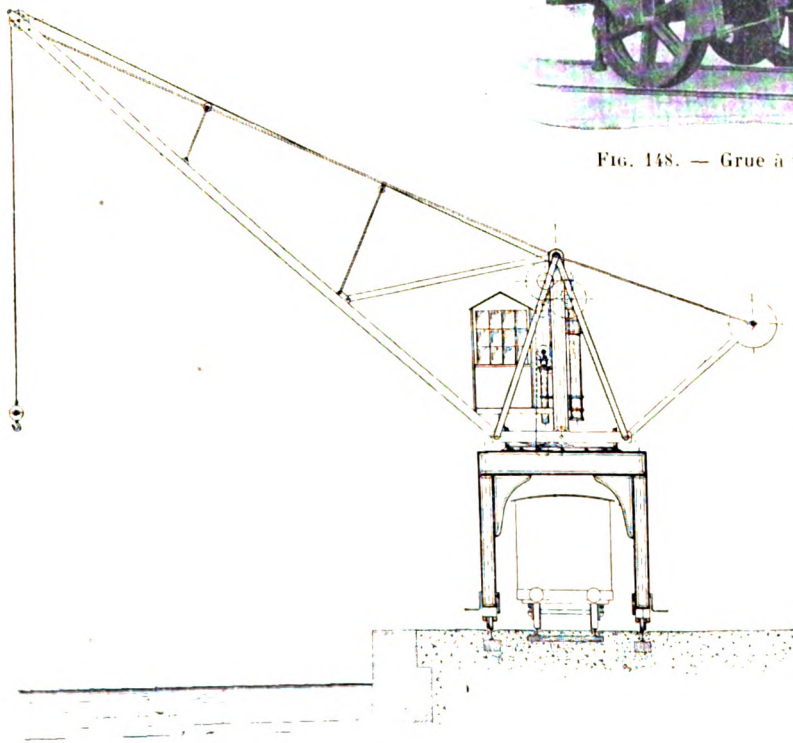


FIG. 149. — Grue roulante hydraulique de quai.

Le conducteur manœuvre généralement la charge au moyen de deux chaînes placées dans sa guérite. La chaîne de droite agit sur le tiroir de distribution de deux cylindres de rotation; suivant que le conducteur tire la chaîne, qu'il la soulève ou qu'il l'abandonne à elle-même, il y a rotation dans un sens ou dans l'autre sens, ou bien la volée reste stationnaire. La même manœuvre effectuée sur la chaîne de gauche permet d'élever, d'abaisser ou de maintenir la charge à la hauteur où elle se trouve.

Les machines de compression d'eau sont de la plus grande simplicité; les pompes sont sur le prolongement des cylindres des machines motrices à vapeur et les plongeurs sont attelés directement aux pistons. Les dimensions du plongeur sont souvent telles que la section de la tige est égale à la moitié de la section du piston, de façon à envoyer dans la canalisation le même volume d'eau, quel que soit le sens du déplacement du piston. Si en outre on emploie des machines compound et si on attelle une pompe sur la tige de chaque piston, on a une résistance constante, d'où

une marche uniforme, sans secousse, ni choc. L'accumulateur

se compose essentiellement d'un piston chargé de poids tels que la charge par centimètre carré soit celle que l'on veut obtenir dans la conduite (généralement 50 à 60 kilogrammes, parfois 100 à 110 kilogrammes). Il commande mécaniquement l'introduction de la vapeur qu'il ouvre lorsqu'il descend et qu'il ferme au haut de sa course. Cet appareil, outre son rôle de régulateur, joue celui de réservoir d'eau sous pression et d'accumulateur de force.

Pour la commande des pompes, les machines motrices (dynamos ou moteurs à vapeur à expansion multiple et à haute pression) marchent sans cesse à leur vitesse normale. On a ainsi un fonctionnement économique. L'accumulateur agit sur un clapet et met en communication le refoulement et l'aspiration de la pompe; quand l'accumulateur descend, le clapet se ferme et le refoulement s'effectue dans la canalisation d'eau sous pression.

Quel que soit le système employé, on met à côté de l'accumulateur : 1° une plaque de sûreté qui empêche l'arrivée de

automatique pour empêcher la chute de l'accumulateur en cas de rupture de la canalisation. On peut aussi mettre sur la canalisation des clapets à choc destinés à éviter les coups de bélier.

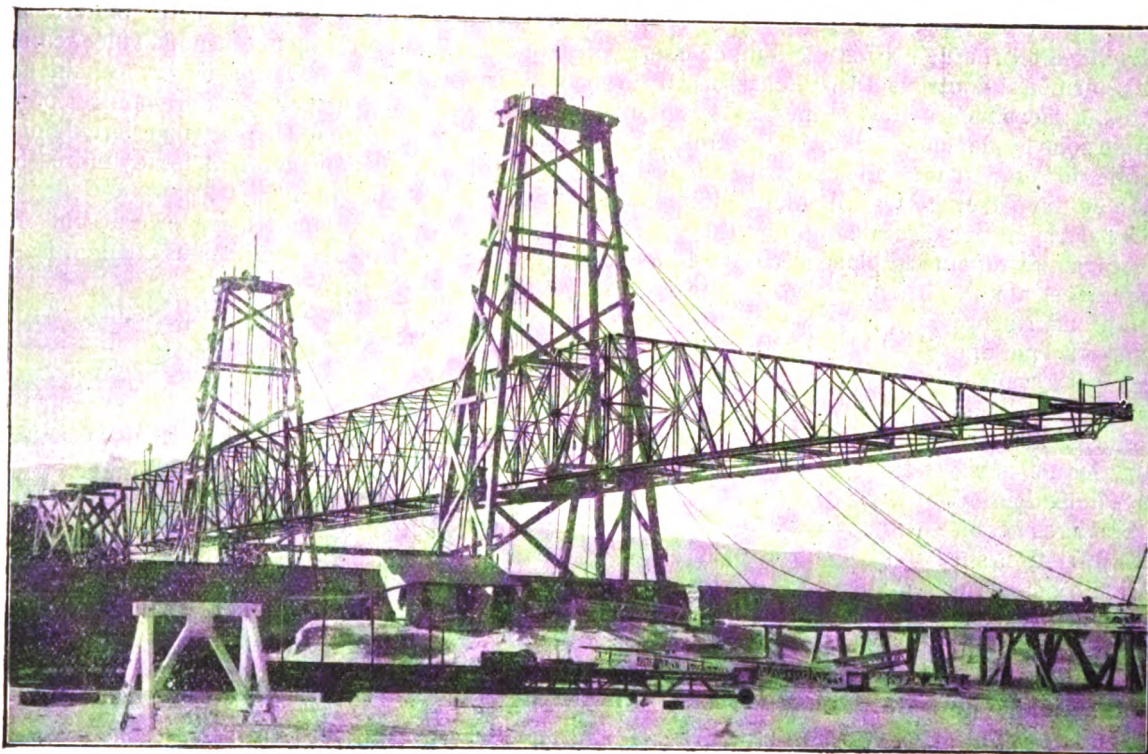


FIG. 150. — Grue roulante Cantilever, en montage. (Construction Leflaive et C^{ie}.)

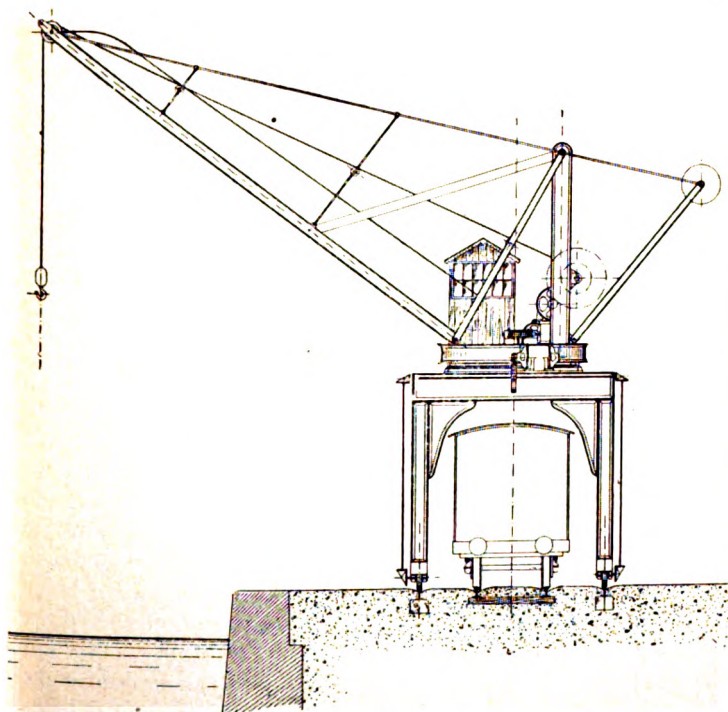


FIG. 151. — Grue roulante électrique de quai.

vapeur en cas de rupture d'un tuyau d'eau sous pression; 2° une soupape de trop-plein qui permet à l'eau sous pression de s'échapper si l'accumulateur monte trop haut; 3° un clapet

La canalisation de retour d'eau est établie comme une distribution d'eau de ville. Les canalisations d'eau sous pression exigent des joints tout particuliers, les tuyaux en fonte peuvent atteindre de fortes épaisseurs si le diamètre est un peu grand. Les joints sont à soigner; ils sont en gutta-percha et placés dans des logements tournés. La canalisation doit être installée dans des aqueducs si le sol est sujet aux tassements.

Grues à portique. — Nous avons donné, en parlant du fonctionnement des grues, les caractéristiques concernant ce genre d'engin très répandu dans les ports. Pour actionner ces appareils, on fait appel à la vapeur, à l'eau sous pression ou à l'électricité.

Le port de la Rochelle-Pallice comporte, entre autres appareils de levage, une **grue à vapeur** à portique fixe, établie de façon à ménager le gabarit du réseau de l'État sur les deux voies de quai existantes et à permettre la canalisation des grues roulantes sur la voie qui leur est réservée au bord du quai.

Les caractéristiques de cet engin sont les suivantes :

Force nominale.....	40 tonnes
Portée maximum du crochet en dehors de l'arrête du quai.....	8 ^m ,50
Rayon de la volée.....	15 ,20
Hauteur maximum du crochet au-dessus du quai.....	15 ,00
Course totale du crochet.....	21 ,00
Hauteur libre du crochet au-dessus du quai.....	10 ,00
Vitesse de levage en charge d'essai de 50 tonnes, par minute.....	1 mètre
Vitesse de levage en charge d'essai de 10 tonnes, par minute.....	5 mètres
Vitesse d'orientation en charge de 50 tonnes, une rotation complète de 360°, en minutes.....	2
Vitesse d'orientation en charge de 10 tonnes en minutes.....	1 1/2
	6

L'ossature du portique est construite en tôles et cornières d'acier rivées, entretoisées et très rigides. La poutre circulaire, qui est en acier coulé avec denture taillée, porte la volée tournante au moyen d'un chapelet de galets coniques en acier coulé.

La volée tournante est formée d'un châssis central et d'une flèche armée et contreventée. Ce châssis central porte la chaudière, les mécanismes et 50 tonnes de lest en maçonnerie dissimulé sous le plancher. Le pivot central, qui relie la partie mobile de l'engin à la partie fixe, est en acier forgé; il mesure $0^m,18$ de diamètre. Le travail calculé du métal n'atteint que $4^k,5$ sous la charge d'essai de 50 tonnes.

Un treuil à vapeur est placé au centre de la cabine; le mouvement est donné à un premier arbre transversal par une machine à vapeur de 30 HP à deux cylindres horizontaux, lequel arbre porte deux doubles embrayages coniques à friction sur cuir, correspondant l'un au treuil, l'autre à l'orientation. L'arbre principal actionne un arbre intermédiaire par une réduction de vitesse à vis sans fin et couronne dentée en bronze. Cet arbre porte lui-même deux pignons qu'on peut embrayer par un manchon à griffes pour obtenir deux vitesses différentes du treuil dans le rapport de 1 à 3. Ces pignons attaquent un second arbre intermédiaire, qui commande le tambour d'enroulement du câble. Le tambour en fonte, de 1 mètre de diamètre, porte deux gorges hélicoïdales de pas inverses et le câble mesure 38 millimètres de diamètre.

La descente se fait au moteur, et un frein très puissant, qui agit sur le second arbre intermédiaire qui commande le tambour, tient la charge arrêtée en cessant le mouvement de levage ou de descente.

La chaudière est du type Field, timbrée à 10 kilogrammes, avec une surface de chauffe de 20 mètres carrés.

Les chantiers d'Elswirk (Angleterre) sont desservis par une **grue hydraulique de 150 tonnes** montée sur portique fixe. Elle possède une volée basculante autour d'un axe horizontal et peut en même temps pivoter autour de l'axe vertical du portique.

Elle lève la charge au moyen de deux crochets principaux sous une pression d'eau de 52 kilogrammes par centimètre carré; la hauteur de levée maximum est de $30^m,25$, la portée minimum de $13^m,45$ et celle maximum de $34^m,65$.

La volée peut décrire un cercle complet autour de son axe vertical. Elle est montée, par l'intermédiaire d'un pivot et d'une couronne de galets, sur un piédestal quadrangulaire formant portique; l'ouverture libre est de $9^m,75 \times 6^m,30$. Le piédestal

supporte une couronne circulaire en acier coulé soigneusement dressée, sur laquelle roulent des galets. La couronne, munie extérieurement d'une denture continue, est en prise avec deux pignons solidaires de la plate-forme mobile de la grue. L'avant de cette plate-forme porte un axe horizontal autour duquel tourne la volée, constituée par deux poutres en treillis convergeant vers le haut et prolongées par deux portions pleines. Ces deux poutres portent chacune un crochet de 75 tonnes. Un peu en arrière du pivot, se trouve une tour verticale qui contient les cylindres hydrauliques de manœuvre de la grue.

Les cylindres de levage sont mouflés, formant des palans renversés à huit brins chacun. Des dispositions spéciales ont

été prises pour compenser automatiquement les allongements éventuels inégaux de ces brins. Les mouvements de relèvement ou d'inclinaison de la volée sont commandés par deux autres cylindres légèrement obliques par rapport aux cylindres de levée. On a ad-

joint aux deux principaux cylindres de levage un troisième cylindre pour le relèvement des crochets vides. Tous ces cylindres sont contreponds à une partie de la charge soulevée et forment comme une tourelle. La rotation de la grue est commandée par un moteur hydraulique à trois cylindres oscillants; à l'aide de différentes transmissions par engrenages et d'embrayages à manchons à griffes, le moteur peut faire tourner la grue avec deux vitesses différentes suivant la charge suspendue à ses crochets. Un

frein à ruban et à contreponds permet d'amortir très rapidement le mouvement de rotation à fin de course.

La charge totale de 150 tonnes est levée à raison de 9 mètres par minute et le mouvement de rotation pour un tour demande une minute et quart.

La **grue électrique de 150 tonnes** de l'arsenal de Nagasaki (Japon) est construite pour lever les 150 tonnes à la vitesse de $1^m,80$ par minute à une portée de 24 mètres, et 50 tonnes à une portée de $7^m,50$, cette dernière charge, à la vitesse de $5^m,40$. La volée peut faire un tour en huit minutes, avec 150 tonnes, et en quatre minutes avec 50 tonnes.

La levée principale est commandée par deux moteurs de 50 HP, à 400 tours, et un treuil à triple changement de vitesse. Les pignons du tambour et du dernier arbre de ce train sont coulés et à chevrons doubles, les autres en acier taillés à la machine. Le treuil auxiliaire est commandé à deux vitesses par un moteur de 50 HP, aussi à 400 tours. Chacune de ces levées dispose de trois freins automatiques, dont deux mécaniques appliqués l'un par la charge et l'autre par un limiteur de vitesse à force centrifuge, et un électromagnétique: elle dispose en outre d'un frein à main.

La translation du chariot est commandée par un moteur de 50 HP à 500 tours et se fait, à la vitesse de 6 mètres par minute, sur deux voies de $1^m,20$. Le pivotement a lieu sur un

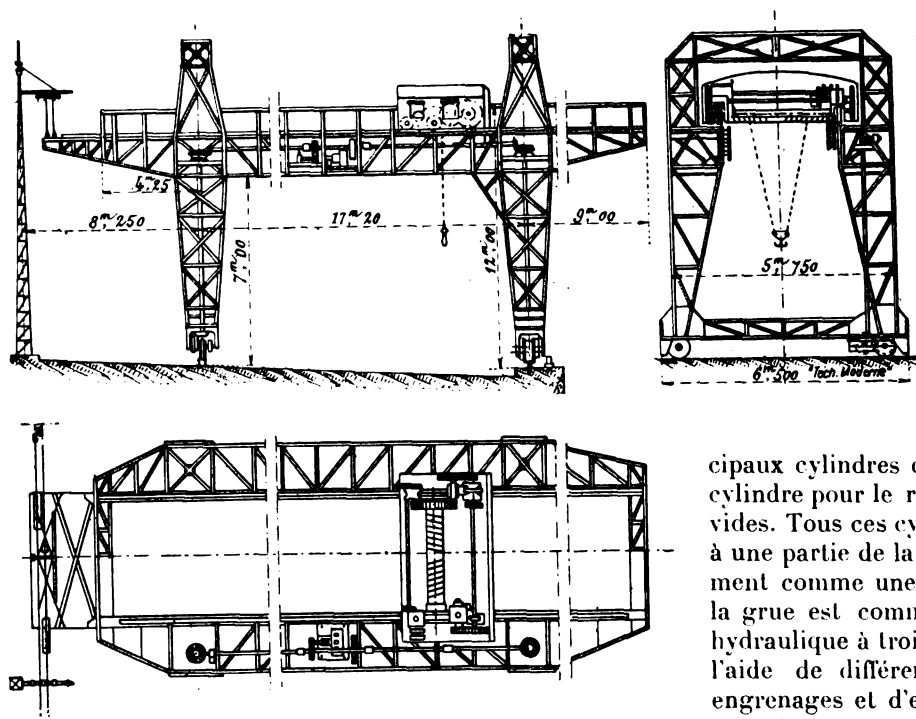


FIG. 152. — Grue à portique de 15 tonnes.

cercle de galets de 12 mètres, avec pivot de 405 millimètres, | minute, à la volée de 29 mètres, avec translation à la vitesse et peut supporter simultanément une tension de 200 tonnes et une flexion de 100 tonnes, sans dépasser un effort moléculaire de $9^{m},5$ par millimètre carré. Normalement, avec la volée équilibrée, l'effort de cisaillement ne dépasse pas 20 tonnes. Les roulements sont en segments d'acier fondu; celui du bas est pourvu d'une denture hélicoïdale en fonte, engrenant avec le pignon d'un arbre vertical commandé, en réduction de vitesse, par un moteur de 30 HP faisant 500 tours et frein permettant l'arrêt et la fixation de la volée contre le vent.

La grue électrique de 160 tonnes, installée aux docks de l'Amirauté, à | de 9 mètres et rotation en 8 minutes. La levée principale se fait par deux crochets de 80 tonnes, ce qui facilite la manœuvre des longues pièces et permet de descendre les charges à 15 mètres au-dessous du quai. Les tambours du treuil ont 2 mètres de diamètre sur 3 mètres de long, commandés chacun par un moteur de 60 HP à 550 tours, avec changement de vitesse triple. Ils sont munis d'un frein électrique à solénoïde freinant dès que le courant se rompt et de freins mécaniques automatiques Weston à vis en acier et bronze. La levée auxiliaire est commandée par un moteur de 60 HP également de

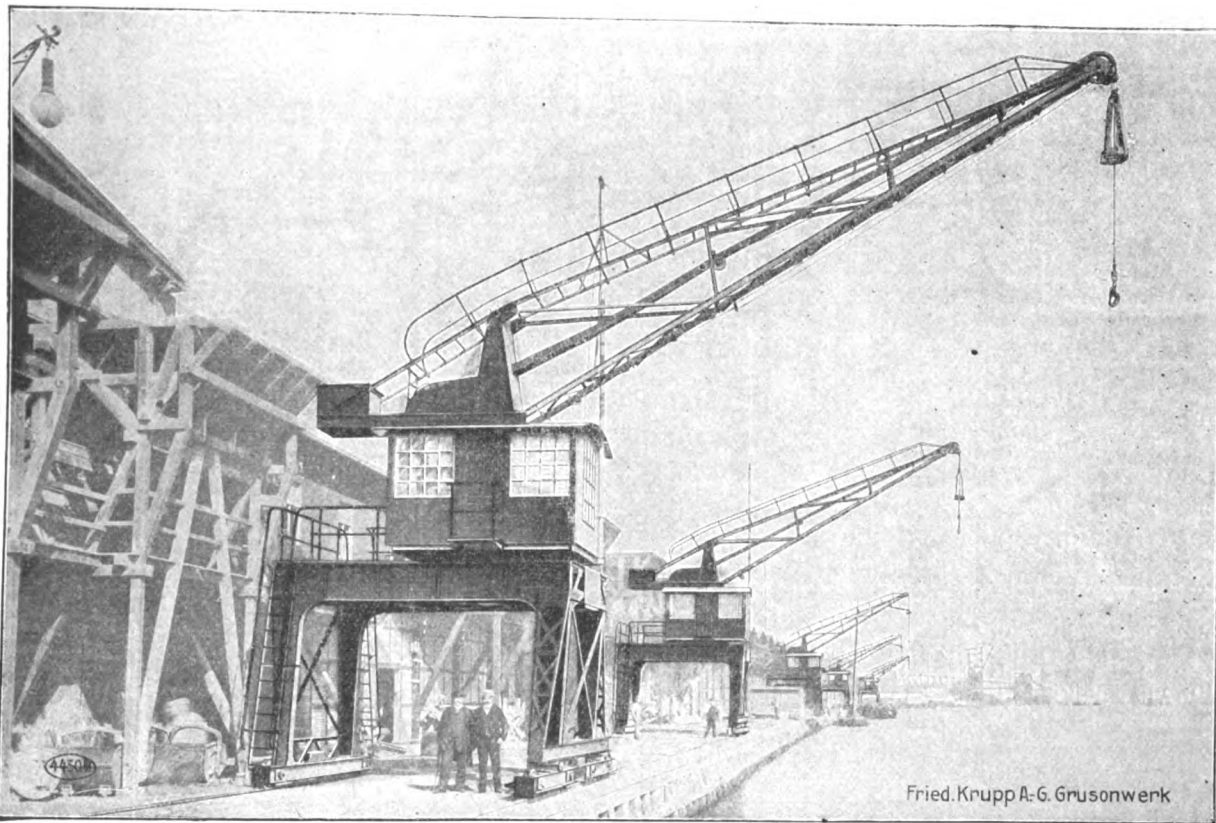


FIG. 153. — Grue à portique électrique. Puissance 1.500 kilogrammes; portée 11 mètres; hauteur de levage 17 mètres. (Construction Fried Krupp, A. G.)



FIG. 154. — Grue à portique électrique. Puissance 1.500 kilogrammes; portée 15 mètres; hauteur de levage 18 mètres. (Construction Fried Krupp, A. G.)

Devonport, peut lever cette charge à la vitesse de $1^{m},80$ à la | 550 tours. La translation est gouvernée par un moteur de 30 HP

à 580 tours donnant le mouvement à deux treuils. La volée est constituée par deux poutres Warren, de 66 mètres de long, écartées de 6 mètres, portant chacune une voie de 0^m,75. La cabine des treuils a 13^m,80 de long, avec ballast en graviers de 160 tonnes. Le roulement sur galets a 13^m,80 de diamètre sur poutres circulaires de 0^m,75 de hauteur; il y a 72 galets et le pivot en acier forgé a 460 millimètres de diamètre. La commande est faite par un moteur de 60 HP à 550 tours, par vis sans fin en acier à trois filets et pignon en bronze phosphoreux attaquant par embrayage à frottement cédant aux chocs. Le pignon de la denture de roulement est en acier. La petite grue du chariot est commandée par un moteur de 10 HP à 630 tours.

La cabine du mécanicien qui commande la rotation est à 7^m,50 du sol et tourne avec la grue. Les moteurs qui commandent les deux tambours de levée principale sont conjugués par un commutateur disposé de manière à leur assurer

mécanismes de levage et de rotation et leurs moteurs. Les treuils sont à tambour en fonte à jante rainurée et sont actionnés par un seul train d'engrenages à denture droite. L'accouplement au moteur est opéré par un manchon élastique à plateaux de grand diamètre avec boulons garnis de bagues en caoutchouc. Le frein agit à l'extrémité de l'arbre du pignon opposé au moteur, et son calage se fait par un contrepoids, tenu levé par un électro-aimant; il a lieu à l'arrêt et par suppression du courant. Pour la descente, le décalage est obtenu à la main par un levier vertical.

Le crochet de levage est suspendu au câble du tambour par l'intermédiaire d'un bout de chaîne ordinaire et d'une masse en fonte, suffisante pour assurer la descente du crochet à vide sans courant.

La flèche est de construction légère à treillis en V; les tirants sont en cornière de 70 × 70 × 7 et les pousards en fers H à U de 152 × 8.

Le mécanisme de rotation est placé sur une taque commune avec le treuil. Il se compose essentiellement d'un réducteur de vitesse à vis sans fin avec roue à axe vertical, dont l'arbre porte, calé à l'extrémité inférieure, le pignon qui engrène avec la couronne dentée fixée au portique. Le grand diamètre de cette couronne, 3^m,020, permet des démarrages et des arrêts rapides sans dangers de rupture de la denture. Le moteur du mouvement de rotation est réuni à la vis par un manchon élastique à plateaux; la jante est utilisée comme poulie d'un frein à pédale et sabot en bois.

L'ensemble de la partie tournante de la grue est guidé sur le portique par un pivot central en acier forgé solidement

fixé au portique. La crapaudine du châssis mobile est garnie d'une bague en bronze, dont l'alésage permet un léger jeu reconnu nécessaire pour le bon fonctionnement. La plaque tournante est équilibrée au moyen d'un contrepoids fixé à la partie arrière du châssis de la cabine. Le moteur du treuil de levage est capable de développer 25 à 30 HP à 270 tours; ceux de rotation et de translation sont des moteurs de 5 HP, à 685 tours. Ces moteurs sont desservis par des controllers à soufflage magnétique d'une commande universelle.

Les consommations d'énergie électrique pour des charges utiles au crochet de 2.000 et 1.000 kilogrammes, avec une hauteur de levée de 12 mètres, sont en moyenne de 125 et 80 watts-heure respectivement, pour une manœuvre complète.

Grues pour manœuvres spéciales. — Les grues gerbeuses sont disposées pour pouvoir circuler indifféremment sur une voie ou sur un sol uni, et être à hauteur variable. On peut ranger dans cette classe d'appareils les grues dites *Nepveu*



FIG. 153. — Grue à portique électrique pour déchargement de pierres de taille. Puissance 10 tonnes. (Construction de la Société de Manutentions mécaniques industrielles.)

la même vitesse lorsque la charge est levée par un seul des tambours.

Les nouvelles grues à portique du port d'Anvers, de 2.000 kilogrammes, sont montées sur quatre roues en fonte trempée Griffin de 762 millimètres de diamètre, ces dernières actionnées par l'intermédiaire d'engrenages droits et coniques gouvernés par un moteur électrique de 3 HP tournant à 685 tours à la minute en charge.

Le portique porte une passerelle circulaire complète, sur laquelle sont installés le moteur de translation de l'appareil, son réducteur de vitesse, ainsi que la transmission avec les premiers trains d'engrenages coniques. Il est muni aux deux extrémités du caisson, côté quai, de forts vérins de calage et, aux extrémités du caisson opposé, de griffes à vis pour la fixation des grues aux rails.

La partie tournante de la grue repose sur le portique par l'intermédiaire de quatre galets qui roulent sur un rail circulaire en acier dur; le châssis de la partie tournante porte les

dont la flèche, à la partie supérieure, est reliée à un chariot roulant sur un chemin de roulement et dont la partie inférieure est terminée par un pied muni d'un galet, roulant sur le sol. Ce galet est porté par une chape articulée sur le pied de la grue, qui lui permet de se déplacer avec facilité dans toutes les directions. Le poids de la flèche ainsi que celui des organes en mouvement sont équilibrés au moyen d'un contrepoids en fonte placé au haut de la flèche, afin de pouvoir soulever celle-ci pour la faire passer par-dessus les colis qui pourraient gêner son déplacement. Le treuil de manœuvre se compose généralement de deux arbres, dont l'un porte les manivelles avec le pignon de commande et l'autre la roue d'engrenage avec le pignon d'enroulement d'une chaîne Galle. Le brin libre de celle-

ci se déplace dans une gaine et le brin conduit est guidé par la flèche. La chaîne est mouflée. Ces engins sont utilisés dans les gares de chemins de fer pour le service de transbordement et celui des marchandises en petite vitesse.

Les grues **vélocipèdes** sont établies de façon à pouvoir courir sur un rail et être guidées en l'air par un second rail au moyen de galets. Ce genre de grue comporte ainsi quatre mouvements distincts : translation générale de la grue, rotation de la volée, déplacement du chariot et déplacement de la charge. Si l'appareil est à commande électrique, on peut commander chaque mouvement par un électro-moteur distinct, dont la mise en marche se fait au moyen de un ou plusieurs contrôleurs placés sur la plate-forme du truck. Le pivot à la tête est guidé par des galets à axe vertical qui roulent sur un fer à I. La volée peut tourner autour d'un arbre creux, à l'intérieur duquel passent les fils conducteurs qui amènent le courant aux moteurs installés sur la plate-forme roulante et à celui du chariot mobile. Cette disposition permet, dans un atelier, de desservir deux halls contigus.

Il existe nombre de grues ayant en vue des opérations, qui en dehors des mouvements ordinaires, en nécessitent un ou deux affectés à des manœuvres spéciales, telles que la manutention des lingots dans les forges, des poches de coulées dans les fonderies, etc., à l'instar des ponts roulants auxquels on fait opérer le même genre de manœuvres.

Grues-chevalets. — Tandis qu'à l'intérieur des bâtiments c'est le pont roulant qui prédomine, on emploie à l'extérieur de préférence les grues à portique ou à chevalets, surtout

pour le service des chantiers de grande étendue. Les grues-chevalets ont l'avantage de ne pas exiger de voie de translation élevée, dont la construction entraîne de grands frais s'il s'agit d'une grande longueur.

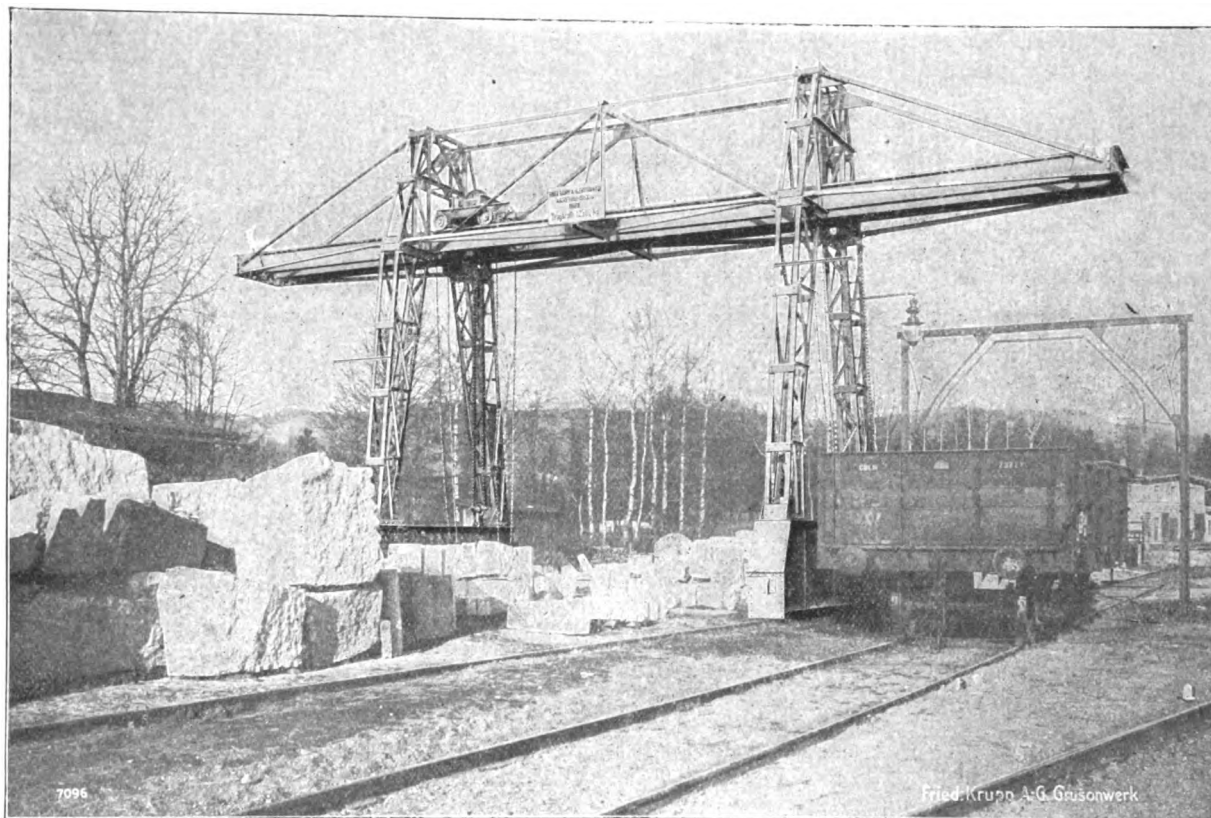


FIG. 156. — Grue à flèches horizontales commandée à main.
 Puissance 12.500 kilogrammes ; portée utile 13^m,40 ; hauteur de levage 6 mètres. (Construction Fried Krupp, A. G.)

Cependant, la voie établie sur le sol réduit la surface de terrain utilisable. Les rails pour le chevalet roulant sont posés sur le sol ou bien, si la grue doit rouler le long des bâtiments,

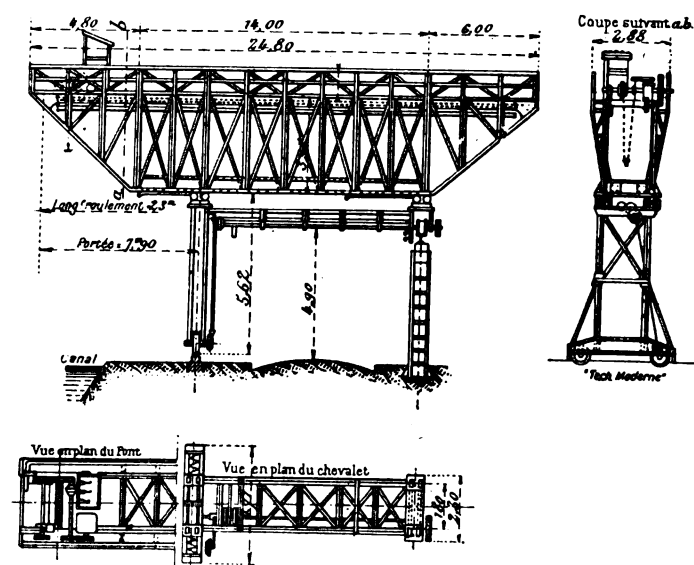


FIG. 157.

un rail est surélevé et est fixé à ce dernier, comme pour les grues à portique (fig. 157).

En général, les grues-chevalets sont équipées avec treuil

roulant. Les formes d'exécution avec treuil fixe et chariot | courant. Dans les grues qui fonctionnent à l'air libre, il est sou-

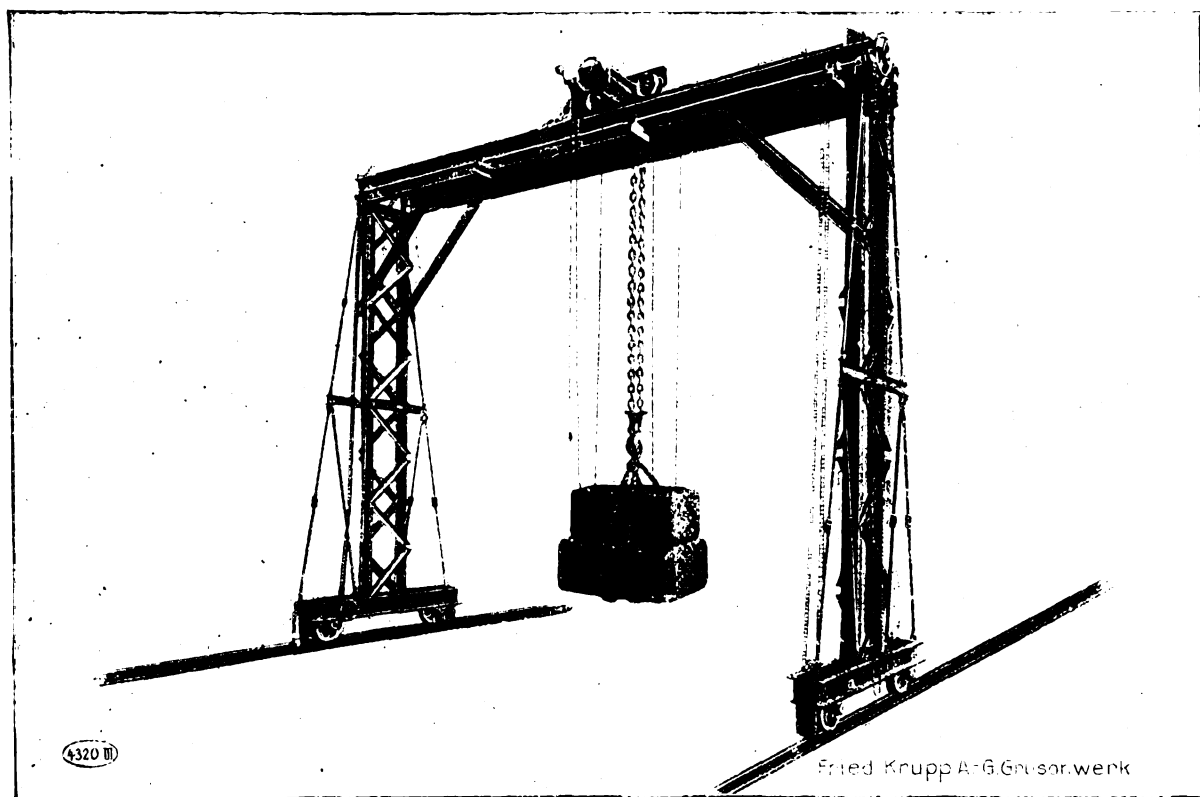


FIG. 158. — Grue-chevalet à main, sur roues. Puissance 10.000 kilogrammes ; portée 7^m,315 ; hauteur de levage 6 mètres. (Construction Fried Krupp, A. G.)

s'emploient exceptionnellement pour usages spéciaux. Dans | des poutres inclinées, articulées au sol et chargées d'un les grues-chevalets, comme dans les ponts roulants, les chariots sont pourvus, le cas échéant, d'un engin de levage auxiliaire pour fardeaux de moindre poids, ou bien la charpente supporte plusieurs chariots de puissance égale ou différente, et dont les crochets, pour autant qu'il s'agit de deux chariots seulement, peuvent être réunis par une chaîne qui exerce un effort de levage égal à la somme des deux crochets.

Il faut connaître l'usage spécial auquel une grue est soumise pour déterminer si la manœuvre se fait d'en dessous par câble ou d'une cabine fixée sur la charpente de la grue, mais le dernier modèle est le plus | contreponds. Les grues **Cantilever** ne sont autres que des

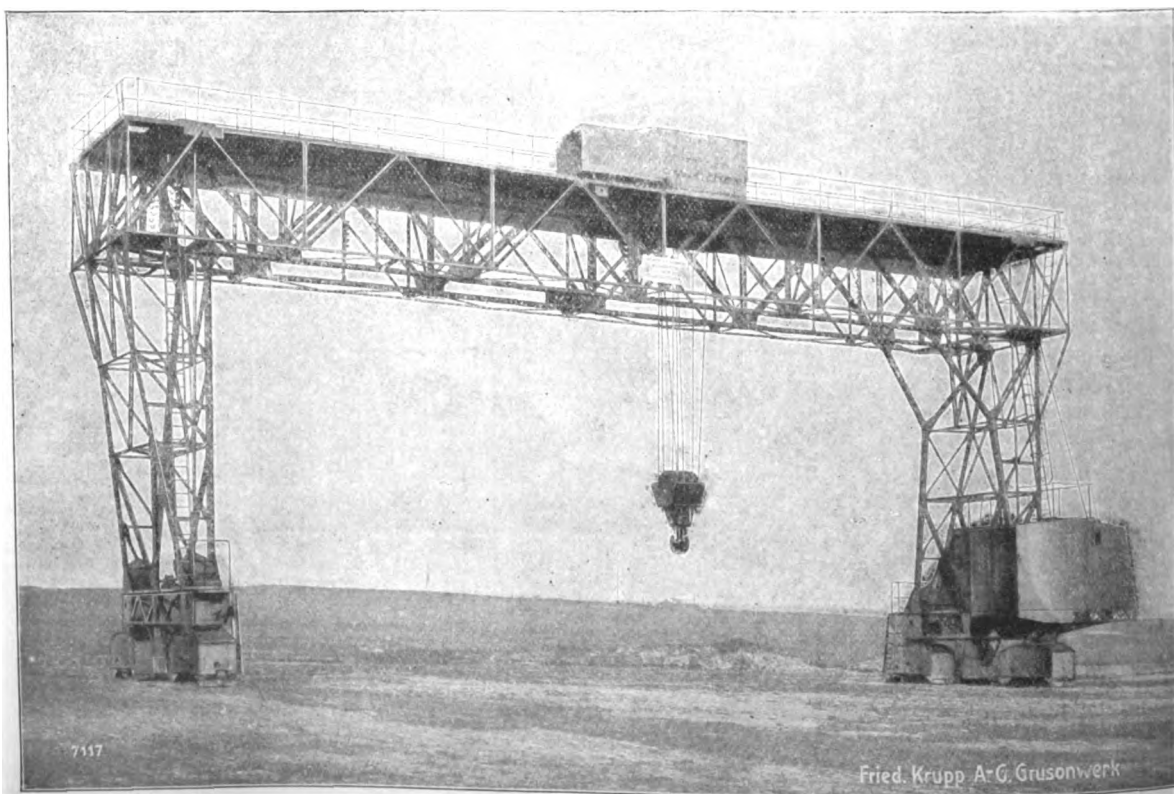


FIG. 159. — Grue-chevalet électrique à bogies pivotants. Puissance 75.000 kilogrammes ; portée 25 mètres ; hauteur de levage 10 mètres. (Construction Fried Krupp, A. G.)

grues-chevalets, dont la poutre de roulement a sa charpente disposée sous la forme spéciale qui leur a fait attribuer ce nom.

Le chevalet se compose d'un entablement formé de quatre poutres à double parois reliées aux palées; le chemin circu-

Calcul d'une grue à marteau. — La grue marteau représentée par la figure 161 comporte un bras de volée avec culasse assujéti à un mouvement tournant autour d'un pivot central, dans lequel pivot passe l'arbre vertical commandant les organes de la translation de l'appareil. La partie tournante repose sur un double chemin circulaire disposé à la partie supérieure du chevalet par l'intermédiaire de quatre groupes de galets (quatre par groupe) montés sur des balanciers, à l'effet de répartir la charge sur un grand nombre de points.

Le bras de volée avec sa culasse (partie tournante) est formé de deux poutres à doubles parois qui reçoivent les rails du chemin de roulement sur lequel se déplace le chariot

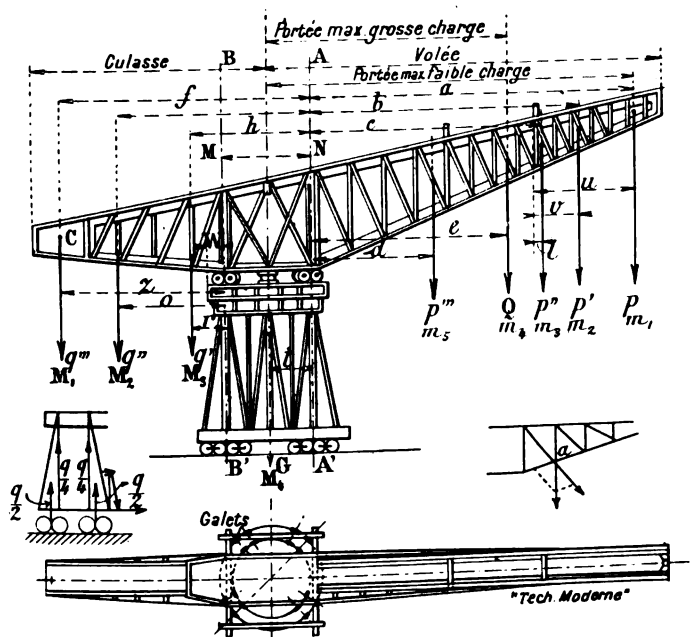


FIG. 161.

avec sa charge. Ces deux poutres sont reliées entre elles et à leurs extrémités au moyen d'entretoisements. Le contrepoids équilibrant la volée est placé à l'extrémité des poutres de la culasse.

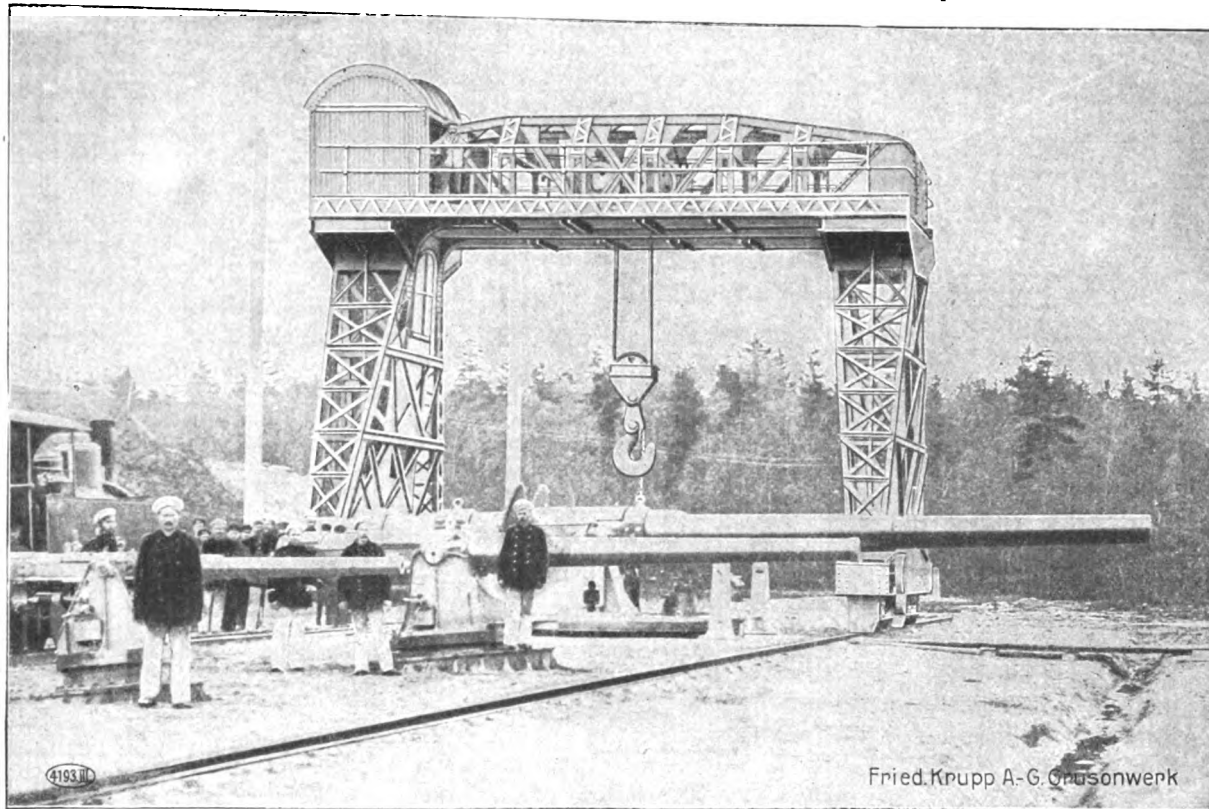


FIG. 160. — Grue-chevalet électrique sur roues.
Puissance 75.000 kilogrammes; portée 9 mètres; hauteur de levage 5^m.4. (Construction Fried Krupp, A. G.).

laire des galets de giration est supporté par deux poutres à parois pleines entretoisées en haut et en bas. Les galets de roulement du chevalet sont disposés en quatre groupes de huit galets chacun.

Le chariot avec les grosses charges évolue entre une portée maximum et une portée minimum déterminées et les charges plus faibles courent jusqu'à l'extrémité du bras de grue.

Stabilité de la partie tournante. — Pour déterminer la stabilité de cette partie de l'engin, tant en charge qu'à vide, nous divisons le bras de volée et celui de la culasse en plusieurs tronçons dont les poids sont, pour la volée : p, p', p'', p''' , représentant les poids des tronçons, et Q , le poids de la charge utile compris celui du chariot. Pour la culasse, q' est le poids du mécanisme, q'' celui de la culasse, q''' celui du contrepoids et enfin G , le poids de la partie centrale. Nous établissons les conditions d'équilibre par rapport à l'arête AA' , c'est-à-dire par rapport aux galets d'avant, et on a, pour les moments de la partie tournante, l'appareil étant en charge, et d'abord pour la culasse :

$$M_1 = f \times q''; \quad M_2 = g \times q'; \quad M_3 = h \times q' \quad \text{et} \quad M_4 = G \times l.$$

Pour les moments du côté de la charge, nous écrivons :

$$m_1 = a \times p; \quad m_2 = b \times p'; \quad m_3 = c \times p''; \quad m_4 = e \times Q$$

et

$$m_5 = d \times p''.$$

Q représente la charge maximum, et le point terminus de sa course sur les bras de volée est l'extrémité de la distance e .

Appelons α la somme des moments du côté culasse et β celle du côté volée, on a :

$$\alpha - \beta = \varphi.$$

Par suite, la résultante passe à une distance x des appuis d'avant donnée par l'expression :

$$x = \frac{\varphi}{K + K'}$$

K représentant la somme des poids ($q''' + q'' + q' + G$), et K' celle des poids ($p + p' + h'' + Q + p'''$).

Désignons par MN la distance entre les points d'appui, on obtient pour celle des points d'appui d'arrière :

$$x' = MN - x.$$

Et la réaction sur les appuis est :

$$\frac{K + K'}{MN},$$

que nous appelons y .

Pour la stabilité de la partie tournante, le moment α du côté contrepoids reste le même et celui de la volée a pour valeur ($\beta - \Delta$), Δ représentant le moment du chariot avec sa charge.

Par suite :

$$x' = \frac{\alpha - (\beta - \Delta)}{K + K'},$$

K'' étant le poids total afférent aux charges de la volée (charge non comprise).

La réaction sur les appuis, dans ce cas, est égale à :

$$\frac{K + K'' \times x'}{MN}.$$

En réalité, le moment dû au chevalet doit s'ajouter aux résultats ci-dessus, ce qui a pour effet d'augmenter la stabilité, mais pour plus de précaution, il est préférable d'assurer la stabilité par le jeu seul de la partie tournante, l'action du chevalet pouvant être une garantie, par exemple contre les effets des vents violents ou tout autre accident fortuit.

Poutres de la partie tournante. — On établit les conditions de résistance pour la section rs , située près du lien ou arcade et par rapport au point extrême de la course du chariot portant la faible charge pour la section AA' , au droit des points d'appui d'avant et pour la section BB' , au droit des points d'appui d'arrière.

On a par conséquent :

1° Section $\epsilon\gamma$:

$$M = (p \times u) + (p' \times v) + (p'' \times l) + (Q \times u),$$

Q' représentant le poids de la faible charge.

Le moment de chacune des poutres est égale à $\frac{M}{2}$.

2° Section AA' :

$$M' = (p \times a) + (p' \times b) + (p'' \times c) + (Q \times e) + (p''' \times d),$$

soit pour une poutre : $\frac{M'}{2}$.

3° Section BB' :

$$M'' = (q'' \times z) + (q' \times o) + (q \times r),$$

et pour une poutre : $\frac{M''}{2}$.

On cherche les moments d'inertie correspondant aux profils de la poutre, tant pour la partie supérieure que pour celle inférieure, si les deux membrures ne sont pas pareilles en haut comme en bas, et pour déterminer les dimensions, on fait en sorte que la fatigue du métal ne dépasse pas 7 kilogrammes pour les parties tendues et 6 kilogrammes pour celles travaillant à la compression.

Treillis. — Les barres de treillis servant à armer les membrures travaillent à la tension et sont soumises à des efforts tranchants qui vont en s'élevant de l'extrémité de la poutre à son milieu.

Les charges supportées par les montants verticaux sont reportées au sommet a , et on détermine la composante qui agit suivant la direction des diagonales.

Galets de rotation. — On a vu que les appuis d'avant étaient chargés d'un poids y ; par suite, chacun des groupes d'avant porte $\frac{y}{2}$ kilogrammes. Le moment de chaque poutre est, en appelant w la distance entre l'extrémité de la poutre et le milieu de l'espace entre les galets :

$$\frac{y}{2} \times w.$$

Comme les poutres doivent transmettre un effort $\frac{y}{2}$, la charge qu'elles ont à supporter par millimètre carré est égale à $\frac{y}{2S}$, S étant la section en millimètres carrés des deux parois de la poutre tubulaire. La charge sur chacun des galets de

giration étant $\frac{y}{2}$ et t' représentant la largeur des rails, la surface de contact correspondant à un degré de la circonférence a pour valeur :

$$\frac{D \times \pi \times t'}{360} \text{ mm}^2;$$

D , diamètre des galets en millimètres.

Si nous désignons $\frac{D \times \pi \times t'}{360}$ par A , la charge par mm^2 est : $\frac{y}{A}$.

Chevalet. — La charge maximum agissant sur les palées a lieu quand l'appareil, chargé du poids Q (le chariot étant à son extrémité de course), est dirigé suivant la diagonale du carré formé par les quatre poutres supérieures du chevalet.

Dans cette position, les charges $\frac{y}{2}$ agissant sur chaque groupe de galets se reportent en grande partie sur le sommet de la palée. On cherche la valeur de la réaction verticale à laquelle donnent lieu les deux poutres en ce point et on y ajoute le quart du poids de la tolérerie, du chevalet et du chemin de roulement; on obtient ainsi la charge totale au point O , que nous appelons q . Celle-ci se répartit également sur les quatre montants, soit $\frac{q}{4}$ pour chacun d'eux. Sur la partie inclinée, l'effort

$\frac{q}{4}$ donne lieu à deux composantes, l'une dirigée suivant l'axe du montant, l'autre agissant suivant l'axe des poutrelles. Quant aux galets de la translation, le centre de gravité de l'ensemble de la construction devant passer par le milieu du chevalet, si nous désignons par T le poids total de l'appareil, y compris charge et contrepoids, on a pour la valeur de la charge sur chaque galet $\frac{T}{32}$, et on détermine la pression par millimètre carré comme il a été indiqué pour les galets de giration.

Bigues. Grues flottantes. — Les bigues servent au levage de pièces lourdes et de grande hauteur. Elles comportent un système oscillant composé de deux pièces a à l'avant (fig. 162) appelées bigues et d'une bielle c à l'arrière, le tout réuni par

un tourillon en acier disposé au sommet de l'appareil. L'engin que montre schématiquement la figure a trait à une bigue hydraulique de 120 tonnes. Le mouvement d'oscillation du trépied est obtenu soit à l'aide de deux supports ou sabots scellés dans le mur du quai, actionnés par une machine hydraulique, soit au moyen d'une bielle articulée à sa partie inférieure et aux sommets des bigues. Le levage de la charge et le déplacement des bigues a lieu à l'aide de cylindres hydrauliques rotatifs dans tous les sens.

tifs dans tous les sens.

Le travail maximum de tension est atteint par la bielle quand la charge est complètement en avant du quai.

Le ponton-bigue de 60 tonnes employé au canal de Suez (fig. 163 à 166), étudié et construit par les établissements Daydé et Pillé, est actionné par la vapeur. La coque est construite entièrement en acier Siemens-Martin; elle mesure 30 mètres de longueur, 13 mètres de largeur et 2^m,70 de creux. La bigue proprement dite se compose de deux montants inclinés, pouvant osciller dans des sabots fixés sur le pont et réunis à leur sommet, auxquels est articulé un tirant dont le pied est actionné par une presse hydraulique. Le sommet des montants est muni d'un axe fixe sur lequel sont montées les quatre poulies supérieures de la bigue. L'extrémité supérieure du tirant est en forme de fourche et ménage un passage suffisant pour les brins du palan,

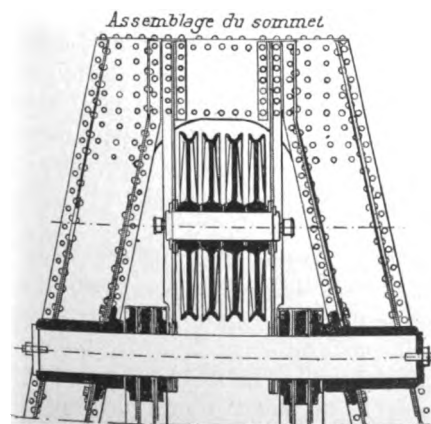


FIG. 164.

de 2 centimètres par seconde. La course totale du crochet est

de 23 mètres et sa hauteur au-dessus du plan d'eau, lorsqu'une charge de 60 tonnes est suspendue à 12 mètres de portée, est de 21 mètres.

La portée de la bigue peut varier entre 6 et 12 mètres, mesurés horizontalement à partir de l'avant du ponton; cette variation est obtenue au moyen d'un cylindre hydraulique fixé sur la charpente inclinée et dans lequel se meut un piston en acier garni de cuir. L'inclinaison de ce cylindre a été

Coupe transversale

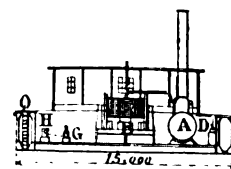


FIG. 163.

déterminée de telle sorte que son axe soit en prolongement de celui du tirant lorsque la bigue est à sa partie maximum et l'eau sous pression est fournie par une pompe à vapeur, installée dans le compartiment des machines.

La chaudière est du type marin, cylindrique, à un foyer, à tubes à fumée et est timbrée à 8 kilogrammes. L'alimentation de cette dernière est obtenue au moyen d'une pompe à vapeur à laquelle est annexée, à l'aide d'un jeu de robinets, une pompe à main.

L'engin a été établi de telle sorte que le ponton soit parallèle à la ligne de flottaison lorsqu'une charge de 40 tonnes est suspendue au crochet de la bigue

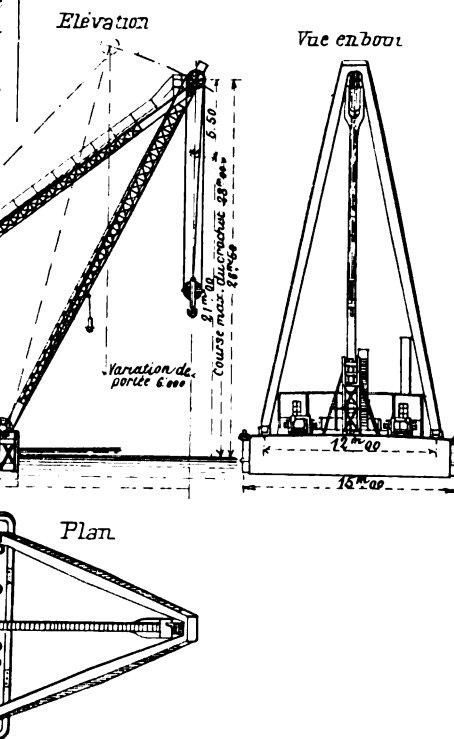


FIG. 163.

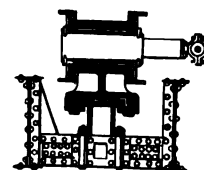
A, chaudière. — B, machine motrice. — C, treuil de levage. — D, pompe alimentaire à vapeur. — E, pompe alimentaire à main. — F, éjecteur. — G, machine actionnant la dynamo. — H, dynamo. — I, pompe de compression. — J, cylindre hydraulique. — K, réservoir d'eau de la pompe de compression. — L, levier d'évacuation du cylindre hydraulique. — M, levier de mise en marche de la pompe de compression. — N, treuils à vapeur de manœuvre. — O, chaumards. — P, bittes doubles. — Q, anneaux de secours. — R, tampons de visite. — S, prises d'eau sur le pont pour lances. — T, tampons pour pompe de cale. — U, échantillons. — V, capots d'aération. — W, capots de descente. — X, couchettes. — Y, lavabos. — Z, armoires.

à la portée de 12 mètres. Lorsque aucune charge n'est suspendue au crochet à la portée de 12 mètres, l'avant du ponton se relève et l'arrière s'enfonce.

Lorsque la charge de 60 tonnes est suspendue au crochet à 12 mètres de portée, l'avant s'enfonce et l'arrière se relève.

La bigue trépied hydraulique de 120 tonnes du port du Havre se compose de trois bigues dont deux à l'avant, articulées en haut et bas et reliées à leur partie supérieure à la troisième qui est beaucoup plus inclinée. Celle-ci est manœuvrée directement par un piston hydraulique. Les bigues d'avant peuvent prendre une inclinaison soit vers le bas-

Articulation du pied du tirant



Coupe transversale de la presse

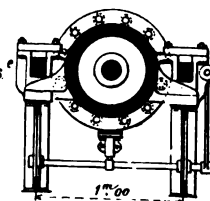


FIG. 166.

sin, soit sur le terre-plein, de manière à pouvoir déplacer, perpendiculairement au quai, une charge suspendue depuis 11 mètres en arrière de l'arête du quai, jusqu'à 9 mètres en saillie de cette même arête au-dessus du bassin. A l'extrémité supérieure des bigues est suspendu, articulé en tous sens et par l'intermédiaire d'un palonnier et de tiges de suspension, un cylindre hydraulique à piston annulaire, à action directe, capable de lever des charges jusqu'à 120 tonnes, selon la pression communiquée à l'eau envoyée dans le cylindre. Celui-ci permet d'élever le crochet à 17 mètres au-dessus de la tablette de quai, quand les bigues sont penchées au maximum en avant. Un appareil auxiliaire de 15 tonnes de puissance *boul*, avec un seul mouflage, est destiné à la manœuvre des colis de poids moindre.

Le chevalet d'oscillation, qui est constitué par une forte charpente, reçoit le cylindre de relevage. La poutre inclinée sur chevalet est maintenue à l'avant par deux montants verticaux et deux autres obliques s'appuyant sur la fondation.

Le bâti de l'appareil auxiliaire est aussi fixé sur le côté du chevalet.

Le mécanisme de levage est constitué par un cylindre à simple effet, à action directe, la pesanteur étant suffisante pour assurer le mouvement de descente du crochet. Le mécanisme d'oscillation ou de relevage est aussi assuré par un cylindre hydraulique qui est à double effet. La glissière sert à guider la tête de la tige du piston, et la crémaillère qui lui est accolée permet de maintenir les bigues dans une position déterminée, sans avoir à faire agir l'eau sur les faces du piston de relevage.

L'eau sous pression est fournie par une pompe à quatre pistons plongeurs faisant environ 60 tours par minute et actionnée par un électro-moteur compound tournant à 500 tours.

La vitesse de levage est de 60 centimètres à la minute pour les charges de 150 tonnes et de 120 à 180 centimètres pour les charges moyennes et les charges faibles.

Les *grues flottantes* sont des appareils de dispositions variables selon les manutentions à effectuer et montées sur ponton. Elles sont destinées à décharger le matériel lourd des navires. On les place entre les navires et le quai, et la grue tourne dans toutes les directions. Ce sont des engins puissants, allant de 60 tonnes à 180 tonnes. Leur actionnement se fait à la vapeur.

La **grue flottante de 100 tonnes** de l'arsenal de New-York a un ponton de 30 mètres $\times$ 18 mètres $\times$ 3^m.30 avec deux cloisons étanches longitudinales le divisant en trois parties, dont celle du milieu renferme les contrepoids d'équilibrage; les deux autres parties sont subdivisées par deux cloisons transversales, et dans les compartiments milieux ainsi constitués se trouvent à gauche deux chaudières locomotives et à droite les treuils et machines.

La poutre du haut a 63 mètres de long; elle est portée par

quatre chevalets en forme d'A, dont deux verticaux et deux inclinés, assez écartés pour permettre le passage, d'un bout à l'autre du ponton, d'un cylindre de 6 mètres de diamètre au plus haut de la levée. Le trolley est supporté par seize roues en fonte de 610 millimètres de diamètre, supportant au-dessous un châssis muni de trois poulies en acier de 1^m.22 de diamètre aboutissant aux quatre poulies de chacun des blocs à double crochet montés sur billes. Chacun de ces deux blocs peut lever 50 tonnes et marcher isolément. Ils peuvent marcher ensemble de manière à faciliter le maniement des pièces encombrantes.

Chacune des chaudières locomotives, d'une puissance de 80 HP, marche à la pression de 7 kilogrammes. La machine des treuils est horizontale, à deux cylindres, de 610 $\times$ 380 millimètres; les treuils sont au nombre de trois, de 1^m.50 de diamètre, reliés par des embrayages à friction; l'un commande la translation du chariot et les deux autres un des blocs de

levée; un déclat de sûreté intervient en cas de rupture ou de mollissement des câbles.

Le contrepoids d'équilibre du ponton est commandé par un

moteur vertical, à deux cylindres, de 230 $\times$ 180 de course, mis en train et arrêté automatiquement par un régulateur à flotteur disposé dans les réservoirs aux extrémités du ponton et

relié par un tuyau; ce contrepoids, monté sur seize roues, est manœuvré par des câbles avec freins de sûreté arrêtant automatiquement le contrepoids en cas de rupture d'un câble.

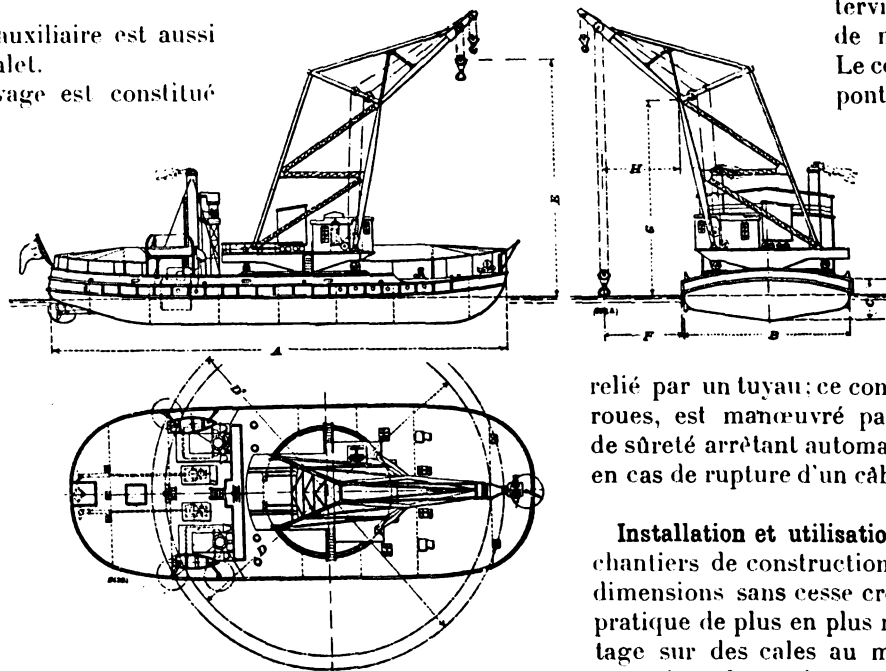


FIG. 167. — Grue flottante Smulders.

Installation et utilisation des grues. — Dans les chantiers de constructions navales, en raison des dimensions sans cesse croissantes des coques et la pratique de plus en plus répandue de faire le montage sur des cales au moyen de machines-outils portatives, les nations se sont appliquées à perfectionner leur matériel de construction des navires.

L'Allemagne surtout n'a reculé devant aucun sacrifice pour doter ses chantiers de constructions navales d'engins permettant de construire vite et économiquement. Ce sont de tels chantiers que nous allons donner de succinctes descriptions.

Le **dispositif de cales** de MM. Harland et Wolff, de Belfast, consiste en un échafaudage régnant tout autour de la cale, lequel sert principalement au transport et à la circulation des riveuses hydrauliques au moyen de grues hydrauliques courant sur des poutres transversales. Aux quatre coins de cet échafaudage sont des grues électriques pivotantes, à volée de 12 mètres, tournant de 180°.

A San Francisco, où l'échafaudage est de principe aussi, ce sont des ponts roulants électriques qui le traversent dans toute sa longueur et la poutre qui supporte les riveuses hydrauliques est manipulée par une série de grues indépendantes. La charge des ponts roulants est de 5 tonnes avec une vitesse de translation de 54 mètres à la minute; celles de levée et de direction transversale, de 27 mètres à la minute.

A Stettin, les cales sont desservies par des ponts roulants électriques de chacun 4 tonnes, se déplaçant à la vitesse de 84 mètres à la minute.

sylvanie), les rails des ponts roulants sont installés à la partie supérieure du bâtiment principal et au-dessous est disposé le chemin de roulement de grues murales. La volée de ces grues

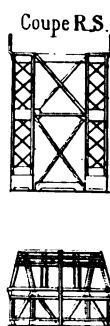


Fig. 170.

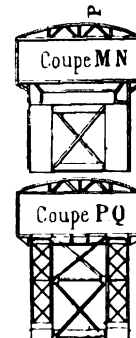


FIG. 171.

Coupe TU

1.84

FIG. 172.

Les mouvements de treuils sur les volées des trois systèmes d'appareils de levage sont commandés par des chaînes qui vont jusqu'au sol.

A schematic diagram of a mechanical assembly. It features two rectangular blocks positioned side-by-side on a common base. Above each block is a vertical component, possibly a piston or a valve, connected to a central vertical shaft. The shaft has several circular features, likely representing joints or seals. The entire assembly is supported by a base with four small feet.

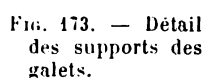


FIG. 173. — Détail
des supports des
galets.

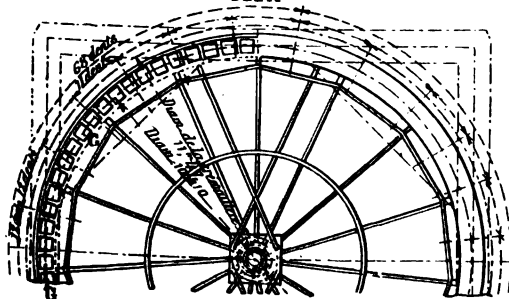


FIG. 169.

moteur spécial. La fameuse grue de Kiel, de 130 tonnes, est montée sur un pilier de forme équilatérale dont une face est parallèle au quai. Le pivot est monté sur billes et les galets occupent l'axe de la pyramide. Le mécanisme qui commande cette rotation est installé sur la plate-forme de roulement supérieure; le bras de 43^m,30 de portée porte les deux treuils de soulèvement, l'un de 55 tonnes au bout du bras, et l'autre de 150 tonnes. La hauteur totale de l'engin est de 46 mètres.

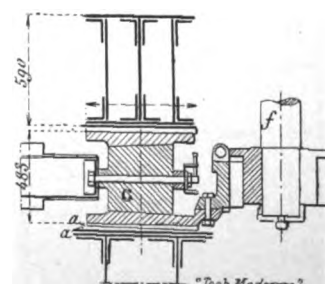


FIG. 174. — Détails de construction des galets.

Les cales de construction des chantiers de Saint-Nazaire

sont au nombre de six. Une de ces cales est capable de recevoir des bateaux de 130 mètres de longueur et 20 mètres de largeur; une autre est destinée aux bateaux de 170 mètres de longueur et de 29 mètres de largeur; enfin il y en a une affectée aux bateaux de 225 mètres de longueur et 29^m,50 de large.

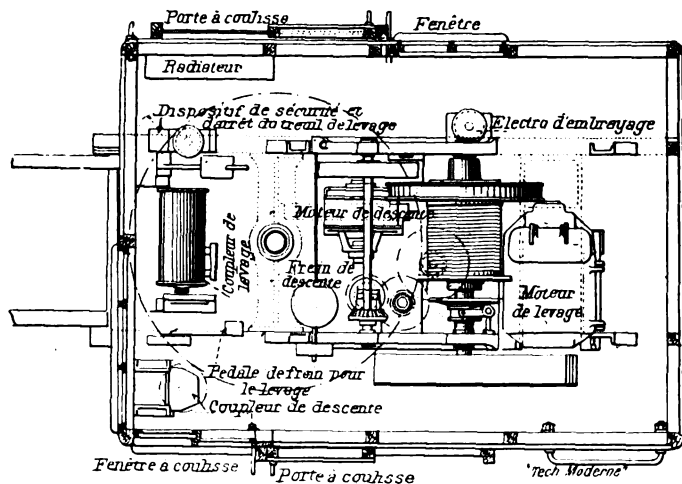


FIG. 175. — Schéma d'une des grues électriques du port de Heysham.

Ces cales sont desservies par six grues électriques qui sont montées sur des trucks. Une d'elles a une volée de 22 mètres; trois autres ont un rayon de 17^m,50 et les deux dernières un rayon de 14^m,50. Leur hauteur totale de levage est de 45 mètres, leur charge maxima de 4 tonnes à l'extrémité de la volée et de 8 tonnes à moitié du rayon. On utilise d'ailleurs ces grues pour deux bateaux contigus quand cela est nécessaire. Une grue peut manipuler, par exemple, 100 tonnes de tôles, et de profilés par semaine. Avec quatre grues on peut donc monter 1.600 tonnes par

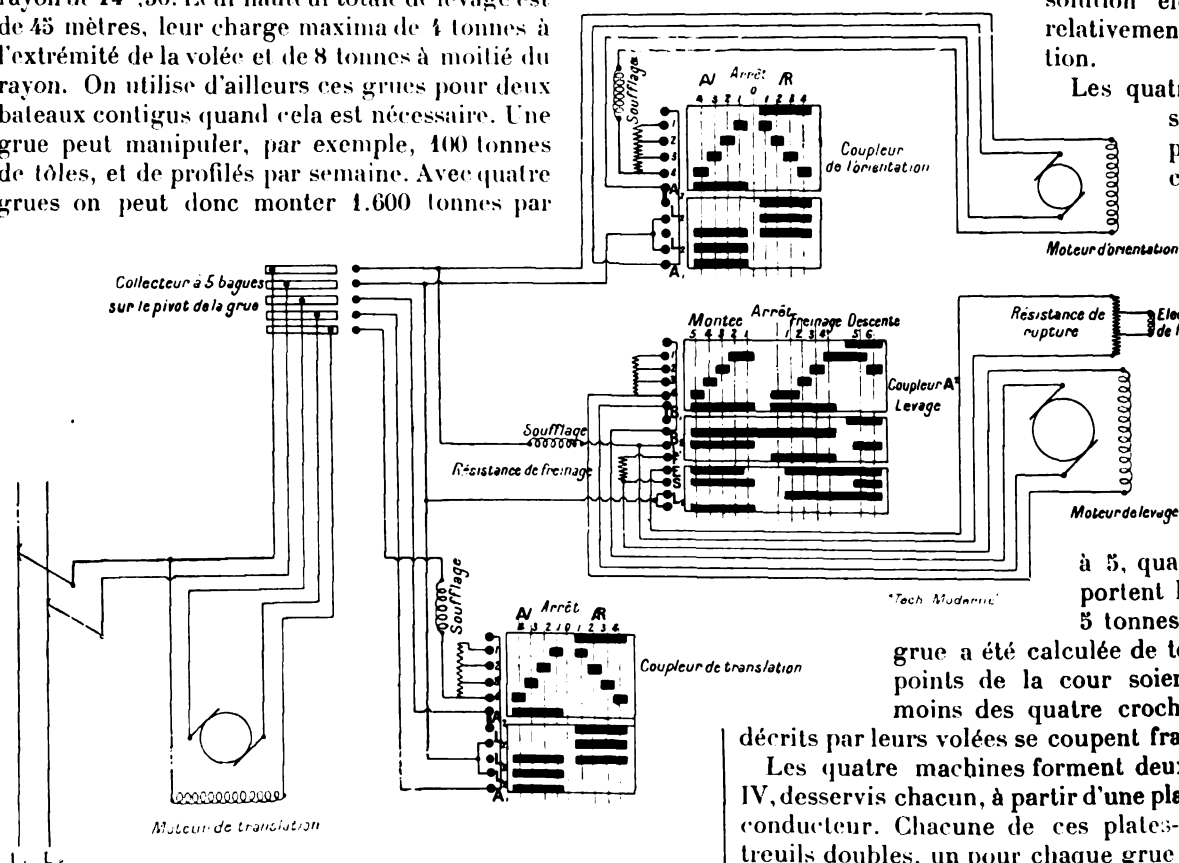


FIG. 177.

mois; c'est ce nombre d'appareils de levage qui est nécessaire pour un bâtiment de guerre ou un grand paquebot, tandis que deux suffisent pour les cargobots et les petites unités.

La grande grue de 150 tonnes, qui dessert les bassins de

radoub, a été construite d'après les plans du *Titan* anversois. Elle a une colonne de 47 mètres de hauteur avec chemin de roulement à sa partie supérieure sur lequel repose la grue proprement dite. Il y a deux chemins de roulement dans la flèche de la grue sur lesquels deux treuils se déplacent; le plus petit est situé au-dessus de l'autre et est commandé par un moteur de 15 chevaux et le plus grand est gouverné par un moteur de 50 chevaux. Le premier est à 52^m,460 du niveau du sol, le second à 49^m,760. La grue lève 150 tonnes à un rayon de 20 mètres, 120 t. à 23^m,900, 100 tonnes à un rayon de 27^m,600, 80 tonnes à 32^m,06 et 60 tonnes à 38 mètres. A cette distance la grue peut desservir deux bateaux.

En outre de cette grue, il y a une grue flottante de 80 tonnes et un derrick de 80 tonnes sur le quai.

L'installation d'un ensemble de quatre grues électriques à volées pivotantes comme l'indique la figure 176 donne une solution élégante d'un problème relativement complexe de manutention.

Les quatre engins entièrement semblables entre eux peuvent décrire un cercle complet autour d'un axe

vertical et on a maintenu ces mâts en les réunissant entre eux à des points fixes B, C, ..., J, au moyen de haubans en acier de résistance suffisante pour avoir encore un coefficient égal

à 5, quand deux de ces grues portent leur charge maxima de 5 tonnes. La portée de chaque

grue a été calculée de telle façon que tous les points de la cour soient desservis par un au moins des quatre crochets, et que les cercles décrits par leurs volées se coupent franchement entre eux.

Les quatre machines forment deux groupes I et II, III et IV, desservis chacun, à partir d'une plate-forme P, par un seul conducteur. Chacune de ces plates-formes comporte deux treuils doubles, un pour chaque grue et un seul jeu de leviers pouvant commander à volonté chacun des treuils, mais un seul d'entre eux à la fois; elles portent de plus chacune un seul rhéostat de démarrage, servant à mettre en route les moteurs de rotation des deux grues.

Chaque appareil comporte un mât, libre de tourner autour de son axe vertical et une volée mobile que l'on peut à volonté abaisser, relever ou faire pivoter autour de l'axe du mât et

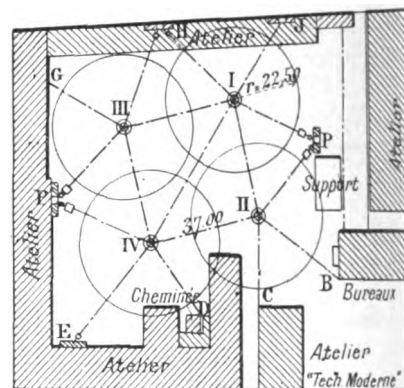


FIG. 176.

qui porte à son extrémité le crochet de suspension. La volée porte à sa tête la moufle fixe du palan à crochet et elle est soutenue par un câble passant sur les mouffes d'un deuxième palan, qui s'attache à la tête de la volée, d'une part, et à une barre élastique fixée à la partie supérieure du mât, d'autre part. La levée de la volée est produite par un câble venant du tambour arrière d'un des treuils doubles électriques. Le câble de levée part du deuxième tambour. Le mouvement de rotation est donné à l'ensemble du mât par un moteur électrique placé sur une plate-forme solidaire du pied du mât et actionnant un pignon en fonte avec une couronne dentée fixée sur la fondation de la grue. L'amortissement de la vitesse de la volée à fin de course se fait au moyen d'un frein électrique puissant.

Cette installation a été faite par la Benrather Maschinenfabrik dans l'usine de la Berlin-Anhaltische Maschinenbau A. G. à Berlin.

Le schéma (fig. 177) a trait à l'équipement électrique d'une grue à trois moteurs à courant continu, suivant le dispositif

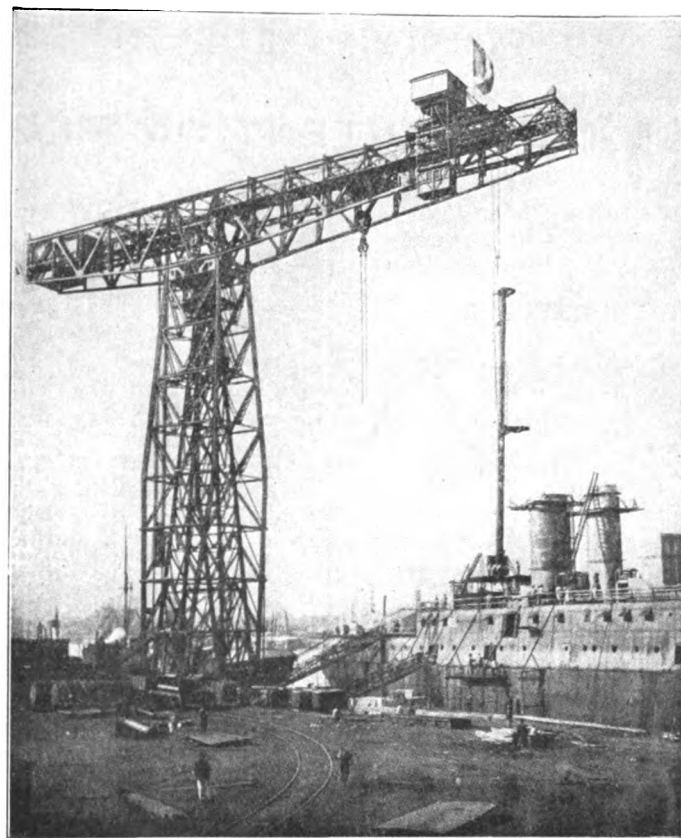


Fig. 177 bis. — Grue de 150 tonnes des chantiers de construction de Saint-Nazaire. adopté par la Société alsacienne de Constructions mécaniques de Belfort.

Les moteurs pour le levage, la translation et la rotation sont à excitation série et le réglage se fait, pour les trois, par insertion de résistances sur le circuit du moteur à l'aide des contrôleurs ordinaires.

Un collecteur à cinq bagues est monté sur le pont de la grue et la cabine du mécanicien tourne en même temps que la grue.

Le moteur de levage peut fonctionner en génératrice lorsque le crochet descend avec un poids suffisant en débitant alors sur une résistance spéciale de freinage. Un frein magnétique maintient le crochet à la position qu'on vient de lui donner si le courant vient à être coupé. Le courant arrive à la grue par une prise à deux trolleys.

La Deutsche Maschinenfabrik A. G., de Duisbourg, a construit dernièrement une grue flottante remarquable par l'emploi peu fréquent jusqu'ici pour de semblables applications d'un

moteur à pétrole pour commander les divers mécanismes. Cette grue, destinée à des chantiers navals de Rotterdam, a été prévue pour l'achèvement des navires et doit par conséquent avoir un grand rendement.

La grue possède 2 treuils de levage commandés par un moteur à pétrole qui travaille avec un renvoi sur l'arbre portant les divers pignons. Un des treuils a deux crochets doubles de 30 tonnes chacun, mais qui ne peuvent être chargés ensemble que de 50 tonnes. Le crochet auxiliaire de la petite volée mobile porte 15 tonnes. Le relevage de la volée est effectué par un palan à 4 brins de câble, à l'aide du moteur commun. Le petit treuil peut lever des charges jusqu'à 5 tonnes avec une grande vitesse. Les tambours des treuils ont des gorges hélicoïdales tournées et sont assez longs pour que le câble ne s'enroule qu'en une seule couche. Les vitesses de levage sont les suivantes :

	mètre/minute
Gros treuil pour charge jusqu'à 50 tonnes...	1
Petit treuil pour charge jusqu'à 15 tonnes...	3,5
Petit treuil pour charge jusqu'à 5 tonnes...	11,5

La hauteur de levage maximum est de :

Crochet de 30 tonnes.....	19 ^m ,5 au-dessus du ponton
— 15 —	24 m. — —

Comme le moteur ne peut démarrer qu'à vide, on a placé un embrayage à friction entre lui et le mécanisme. A partir de l'arbre de transmission, le mécanisme est divisé de façon qu'en embrayant les pignons correspondants, on peut commander soit le treuil de 15 tonnes tout seul, soit un seul côté du gros treuil, soit enfin les deux côtés de celui-ci à la fois. Après la mise en marche du moteur à vide, on embraye le renvoi, puis les mécanismes. Tous les treuils sont munis d'une commande de secours, à manivelles. Les trois treuils sont munis de freins commandés par des pédales et permettant de maintenir la charge suspendue.

TROISIÈME PARTIE

APPAREILS DE MANUTENTION MÉCANIQUE

PORTEURS ROULANTS ET GERBEUSES

Mais dans certains cas, l'installation d'une voie Decauville avec wagonnets est trop onéreuse, eu égard à un service peu intense; dans d'autres cas, en raison de dispositions particulières ou de l'exiguïté des locaux à desservir, l'installation d'une voie est impossible. Enfin, dans un nombre considérable de cas spéciaux où le tracé des parcours à effectuer varie constamment et suivant une foule de causes : service de bagages dans les gares, des messageries et de toutes marchandises sur les quais, entrepôts; dans les wagons, sur les ponts des navires, service des dépêches dans les halls de triage et dans les gares, transport de tous objets dans les établissements industriels, magasins, etc., un appareil indépendant de toute installation fixe est indispensable.

Dans ces divers cas, on a recours à des appareils tels que brouettes, diables, cabrouets, tricycles, poussettes, etc., que nous allons passer en revue d'une façon succincte.

Ces chariots se distinguent d'abord par leurs roulements. Un des plus économiques consiste à disposer l'essieu central avec ses deux roues à basculement et à mettre deux essieux en bouts, portant chacun une roue coulissante. Ce système simple et pratique peut être adopté sur un sol uni et dur, tel que ciment, bitume, pavé de bois, etc., et de préférence pour des petits colis, le déplacement des roues coulissantes permettant au plateau de s'incliner lors du chargement de colis lourds et encombrants. Mais il ne convient pas pour des plans inclinés.

Les types à roues coulissantes offrent en outre l'inconvénient de ne présenter qu'un déplacement latéral limité à celui de la roue à coulisse. Il est plus avantageux d'employer un chariot muni de roues pivotant sur leur axe. On dispose alors aux quatre coins du chariot des petits galets, munis d'une chape pivotante à billes. Le chargement est réparti en équilibre par la disposition des paliers sur deux roues de grand diamètre, montées sur l'essieu central, facilitant le démarrage et diminuant l'effort de poussée et de traction.

Le roulement tricycle est employé de préférence pour un sol inégal, pavage, caniveau, etc., son fonctionnement est simple et pratique, la roue pivotante se construisant suivant l'usage auquel l'appareil est destiné, soit à billes, soit à enfourchement et à douille.

On reproche à la disposition tricycle d'être instable et susceptible de renversement avec son chargement. En effet, la roue directrice abandonne, soit dans les virages, soit par suite de chocs produits par les aspérités du sol, sa position parallèle aux deux autres roues, déterminant le déplacement du centre de gravité et le renversement de l'appareil. De plus, dans les virages, le tricycle évolue en décrivant un arc de cercle ayant comme centre l'axe de son essieu arrière, ce qui ne permet son évolution que dans un espace circulaire de

diamètre égal à deux fois environ la diagonale de son rectangle d'encombrement.

Une disposition perfectionnée, tel que le porteur Lachat, consiste à monter le système sur un essieu central à deux roues folles, et à fixer à chacune des extrémités, dans des supports pendants, un essieu cylindrique disposé parallèlement à l'essieu central et sur lequel tourne et coulisse une roue. Ces deux roues coulissantes, soit que leur axe soit plus élevé que celui des roues centrales, soit que leur diamètre soit inférieur à celui de ces dernières, ne portent jamais ensemble sur le sol; la roue coulissante de chaque bout du plateau ne porte sur le sol, en même temps que les roues centrales, que lorsque la charge du chariot est inégalement répartie ou lorsqu'il est imprimé au chariot un mouvement de traction ou de poussée. Un rappel automatique, dès qu'une roue coulissante est à fond de course, permet de ramener cette roue à sa position normale, c'est-à-dire au milieu de son essieu. Il suffit pour cela d'imprimer un léger mouvement de bascule au chariot, et le rappel a lieu par suite du choc de la roue à l'extrémité de son essieu.

Les plateaux que nous venons de décrire se font avec différents dossiers, soit de simples poignées démontables ou fixes, garnies de bois montées à claire-voie ou pleines, soit de paniers, soit des caisses en bois ou en tôle.

Dans d'autres dispositions, le plateau et le ou les dossiers sont entièrement métalliques, tels que ceux utilisés dans les gares de chemins de fer. Parfois le plateau porte une caisse avec deux côtés ouvrants.

Nous signalerons enfin les dispositions spéciales, bien connues, pour les buffets et bibliothèques de gares, pour les fabriques de porcelaine, pour le transport des linoléums, toiles, tapis et draps.

Parmi les appareils gerbeurs disposés pour la marche à la main, l'échelle gerbeuse Paris (fig. 178)

apparaît comme un engin pouvant rendre de réels services pour le chargement et le déchargement rapides et sans effort de tout colis. C'est une échelle double; sur l'un des montants glisse un chariot porteur et l'autre montant reçoit le treuil qui



FIG. 178. — Echelle gerbeuse Paris.

maintient la charge en tous points. Montée sur roues et avec

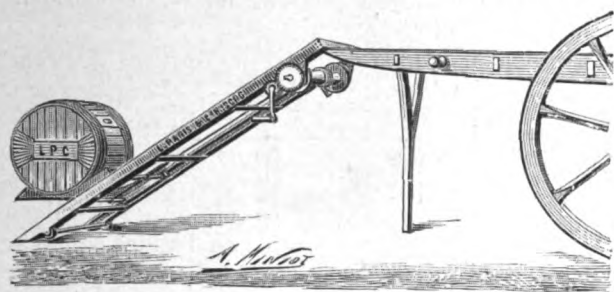


FIG. 179. — Poulain chargeur et gerbeur Pâris.

brancards, on l'emmène comme une brouette. Elle peut se

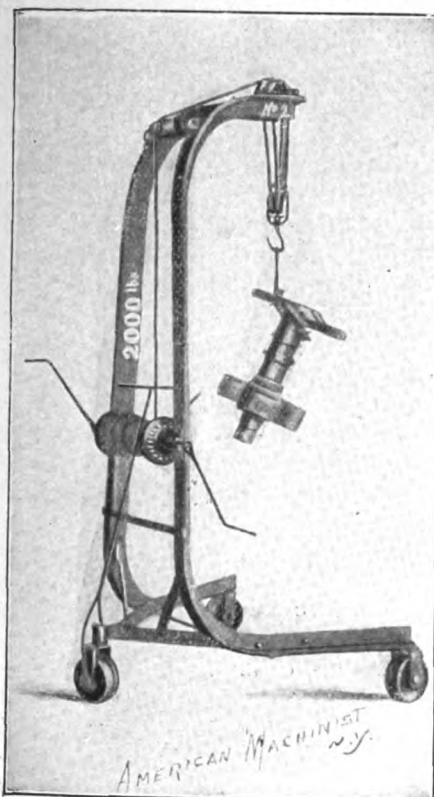


FIG. 180. — Treuil roulant Nicholl.
(Fenwick frères, constructeurs.)

rendre des services comme appareils gerbeurs. C'est en somme une chèvre roulante montée sur trois roues et à tête arquée. L'engin est facile à déplacer et n'occupe qu'un espace restreint.

TRANSPORTEURS A ORGANE DE TRACTION SANS FIN

Les organes de traction utilisés pour le fonctionnement de ces appareils sont la chaîne, le câble et la courroie, le plus employé étant la chaîne. Celle-ci est d'une durée plus longue, d'une réparation plus rapide et d'une fixation commode et sûre. Le câble convient pour le transport des matières légères à grande distance et les courroies sont utilisables pour les petites distances.

Chaînes. — On emploie pour leur fabrication le fer forgé, et limiter la démultiplication des renvois de transmission. On

la fonte malléable et exceptionnellement l'acier coulé. Les éléments de transport s'y adaptent facilement, soit à l'aide de fers plats, soit à l'aide de cornières, soit directement par vissage ou rivetage. On emploie les chaînes ordinaires pour les élévateurs, à cause de leur sécurité et de leur prix peu élevé ; on se sert de maillons spéciaux pour la fixation des éléments de transport. Les types de chaînes en fonte malléable sont assez nombreux ; la disposition commune à toutes ces chaînes est que le maillon possède à une de ses extrémités un axe à rainures qu'on peut glisser dans une position déterminée dans le crochet du maillon suivant, et les éléments ne peuvent être séparés lorsque la chaîne est allongée.

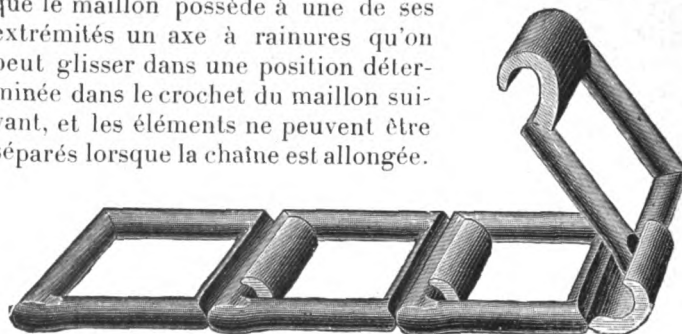


FIG. 181. — Chaîne Phénix.

Les chaînes larges et rigides sont les plus préférables pour les transporteurs.

Les types de chaînes les plus connus sont : les chaînes Jeffrey, von Schourck, Dodge, Monobar, Stoz, Ley, Ewart, Merz, Simplex, Gallia, Titan, Pintle, Phénix, etc.

Câbles. — On doit choisir des câbles forts, peu flexibles et des diamètres de poulies suffisamment grands. Les éléments de transport sont fixés au câble par serrage.

Courroies. — On emploie les courroies en chanvre et en coton pour les résistances faibles et moyennes et, pour les marches rapides et grosses résistances, les courroies en

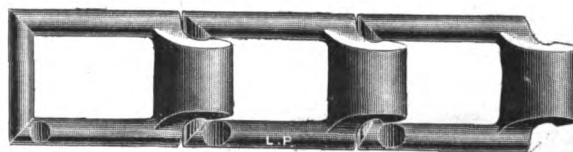


FIG. 182. — Chaîne Gallia.

balata et en caoutchouc. Pour les services très humides, on fait appel à des courroies faites avec des bandes en fil d'acier composées de spires de fil réunies par articulations et aplaties.

Commande mécanique. — En ce qui concerne la commande mécanique, dans les transporteurs légers à chaîne de grue, ou à chaîne de transmission, en fonte malléable, on emploie,

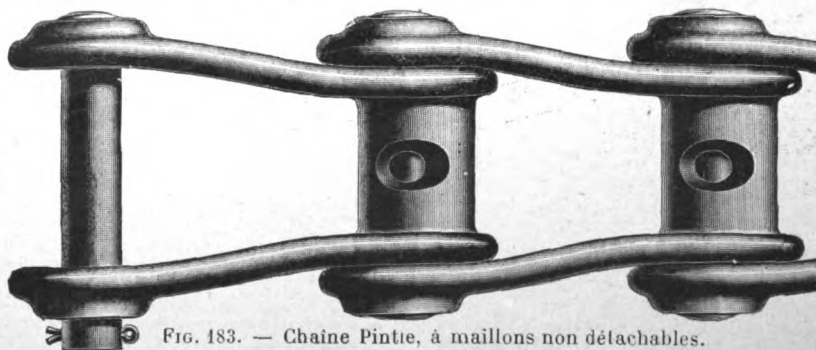


FIG. 183. — Chaîne Pintle, à maillons non détachables.

au lieu de pignons, des roues lisses dans lesquelles le frottement produit par la charge suffit à entraîner la chaîne. Si la tension dans le brin mené est S , la force transmise peut être prise égale à : $P = 0,6 S$. On choisit le diamètre de la roue de commande aussi faible que possible, pour avoir un petit bras de résistance

a imaginé une série de commandes perfectionnées dont le but est, soit de produire un mouvement uniforme, soit d'éviter le choc à la mise en prise, soit d'obtenir ces deux résultats à la fois. Dans le cas très fréquent où le transporteur se compose de deux brins rectilignes et parallèles, on doit commander celui des deux tambours de renvoi sur lequel arrive le brin chargé. Pour la commande des roues de la chaîne, on emploie en général un ou deux renvois à poulie, qui reçoivent leur mouvement d'un moteur ou d'une transmission.

Tendeurs. — Quant aux tendeurs, qui sont destinés à régler la tension des organes de traction, on emploie presque exclusive-

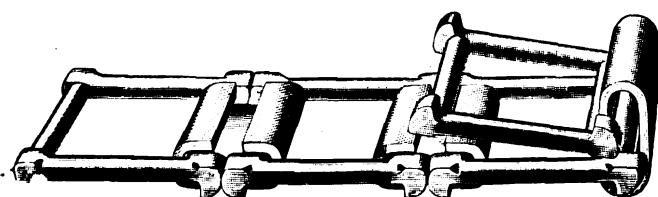


FIG. 183. — Chaîne Simplex. (Système Bagshawe.)

ment des vis à tête carrée ou triangulaire en tant que tendeurs

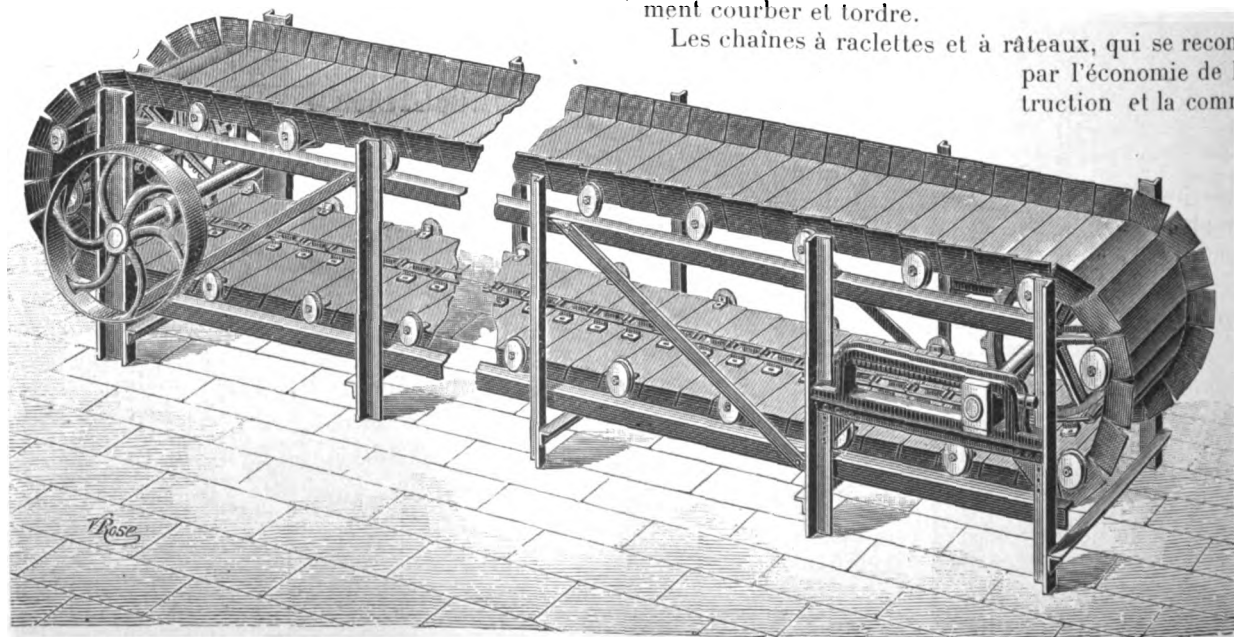


FIG. 186. — Transporteur à palettes et à galets. (Construction de la Compagnie des chaînes Simplex.)

Applications — Charbons, coques, pierres, produits chimiques, caisses, sacs, colis, cannes à sucre, betteraves, os, briques, tuiles, installations de séchoirs mécaniques, etc. Les chaînes portent parfois des galets. Ce système permet des débits atteignant 100.000 kilos à l'heure.

ordinaires. Ceux automatiques sont constitués par des contre- | déchargement et rechargement du produit, exigent une grande

poids ou des ressorts, qui doivent équilibrer la plus forte charge de la chaîne qui puisse se produire en service normal.

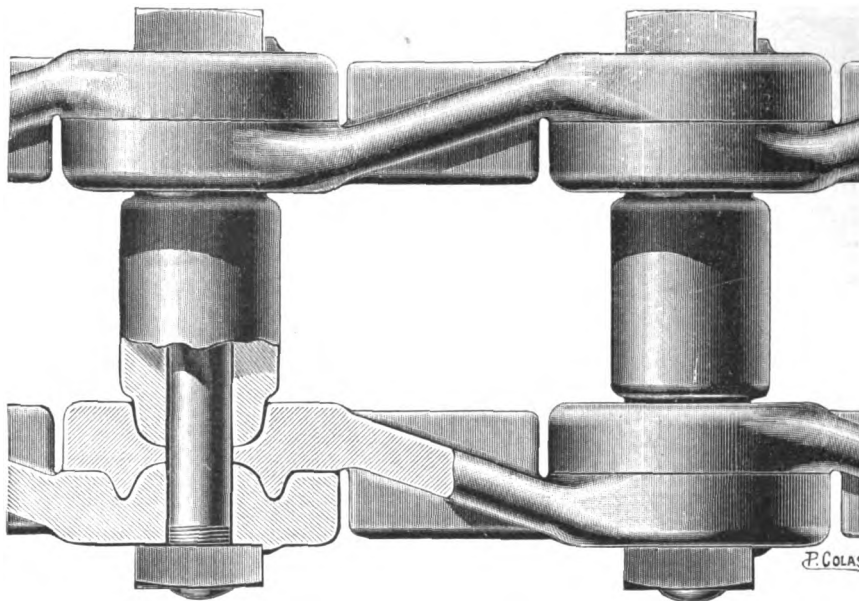


FIG. 184. — Chaîne Titan.

Organes de transport.

— Les organes de transport dans les engins qui nous occupent consistent en chaînes à raclettes et à râpeaux et en bandes souples.

Dans le premier cas les **raclettes** ou **râpeaux** sont fixés à une chaîne ou à un câble, à des écartements égaux et poussant devant eux la matière dans une auge. L'organe de traction peut être fixé à la raclette, à la partie supérieure, au milieu ou à la partie inférieure. Pour fixer la raclette à la chaîne, on se sert de maillons, attaches,

angles ou de pièces d'angle spécialement rapportées. La disposition à raclettes est employée pour les petits et moyens débits et le brin vide doit être au-dessus du brin de transport. La chaîne inférieure ne peut être employée qu'avec des matières non rodantes, comme les déchets de bois, les céréales, les drèches, etc., parce qu'elle travaille complètement dans la pièce à transporter.

Les transporteurs à raclettes peuvent travailler avec une inclinaison notable, jusqu'à environ 45°. La vitesse de marche varie entre 0^m,25 et 0^m,75 à la seconde et l'espacement des raclettes, de 0^m,40 à 0^m,60. Les appareils avec câble permettent tous les changements de direction, celui-ci se laissant facilement courber et tordre.

Les chaînes à raclettes et à râpeaux, qui se recommandent par l'économie de leur construction et la commodité du

consommation d'énergie, une usure considérable et sont peu silencieux. Le transport du charbon est l'application la plus importante de la chaîne à raclettes.

La **bande de transport** (courroie, toile) est fournie par une courroie horizontale ou légèrement inclinée, guidée à chaque extrémité, par des tambours de renvoi et, dans l'intervalle, supportée par des rouleaux (fig. 189). Le produit à transporter repose sur la bande pendant le transport. Pour des services pénibles, les bandes de balata et de caoutchouc sont avantageusement employées. Le diamètre des tambours varie de 600 à 300 millimètres et le diamètre des rouleaux-supports de 80 à 200 millimètres; ces derniers peuvent être construits soit pour maintenir la bande plate, soit pour lui donner une forme d'auge. Les appareils les plus connus de ce genre sont les transporteurs Robins et Ridgway, introduits en France par M. Henry la Burthe.

Parfois on utilise des bandes en fils de fer ou des bandes constituées par un certain nombre de câbles placés les uns à

lequel la matière, par suite de la force centrifuge, se sépare de la bande.

On donne aux bandes les vitesses suivantes : grains lourds, 2^m,5 à 3^m,5; charbon de terre, 1^m,5 à 2^m,5; charges isolées,

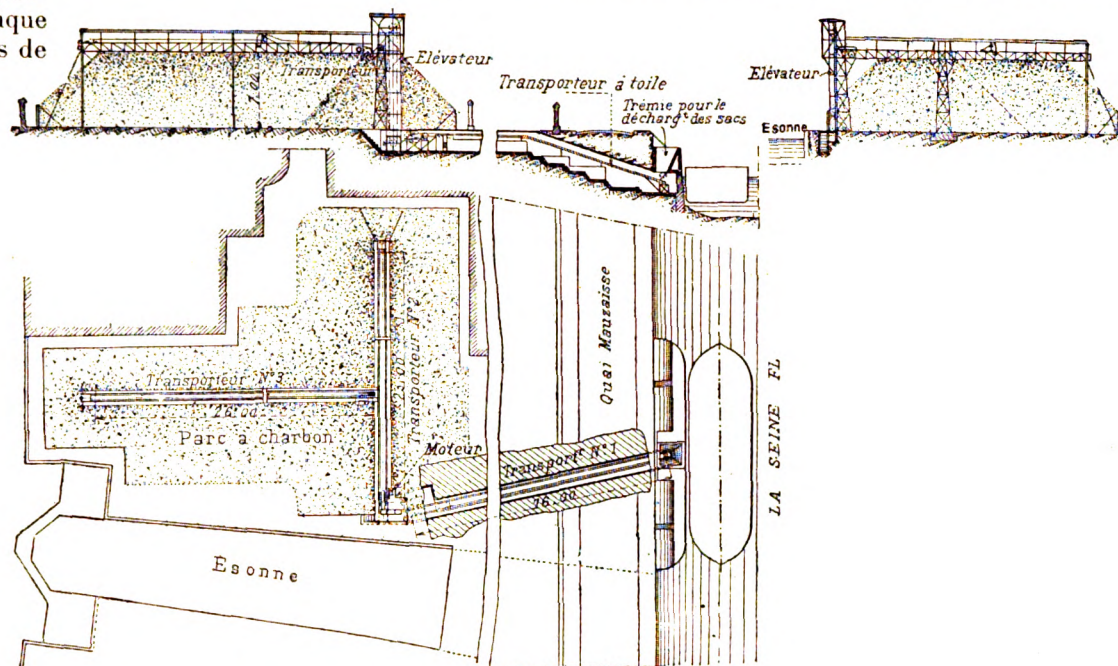


FIG. 187. — Transport et mise en tas de charbon par toiles transporteuses et élévateur. (Construction de la Société de Manutentions mécaniques industrielles.)

0^m,8 à 1^m,5; grains légers, 2 à 3 mètres; bandes de triage, 0^m,1 à 0^m,3, et pour les personnes, 0^m,5 à 0^m,8.

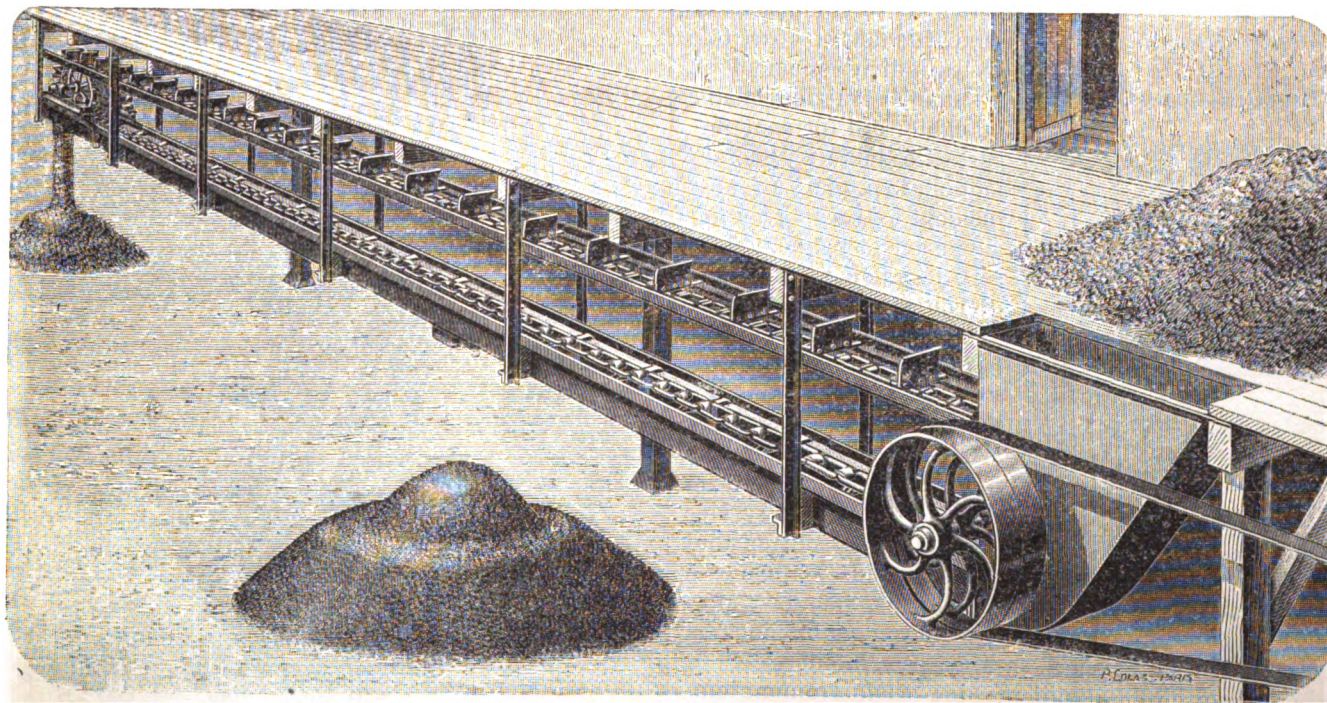


FIG. 188. — Transporteur à racloirs. (Construction de la Compagnie des chaînes Simplex.)

Applications. — Graines, sucre, pulpes, drèches, cossettes, vendanges, engrais, charbons, minerais, plâtre, scories, paille hachée, etc.

côté des autres et cela pour le transport des produits humides.

Pour le chargement, on emploie la trémie et, pour le déchargement, on l'effectue au moyen d'un tambour à renvoi sur

La largeur de la toile varie, selon les appareils, de 0^m,30 à 1^m,10 et le tonnage à l'heure de 15 tonnes à 900 tonnes.

Pour l'évaluation de la résistance W à l'enroulement, on



FIG. 189. — Transporteur à courroie « Simplex ».

Applications. — Graines, farines, sucre, pulpes, malt, terres, os, charbons, cokes, minerais, sels, laitier, pierres, plâtre, chaux, ciment, sable, argile, copeaux, paille, colis, sacs, etc. — Débit jusqu'à 500^m3 litres à l'heure.

peut prendre, d'après Georg Hanffstengel :

$$W = 500 B \frac{\delta}{D};$$

B, largeur de la bande en mètres; δ , épaisseur de la courroie, et D, diamètre du tambour.

Types de transporteurs. — Les *tables à chaînes* ou *tables articulées* se composent de lames de bois ou de tôle fixées individuellement au système de traction, chaîne ou câble, qui forment une sorte de table mobile sur laquelle le produit se repose pendant le transport. Pour supporter la bande, on se sert de galets roulants ou de rouleaux fixés.

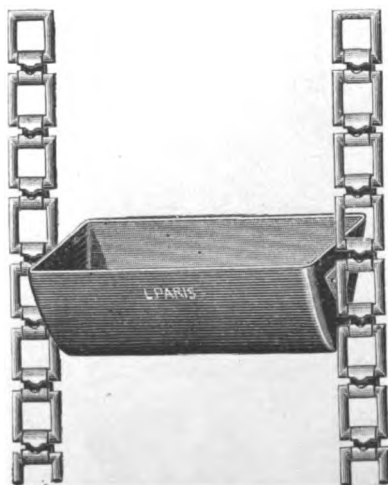


FIG. 190.

Godets montés avec chaînes Phénix.

Si on relève le bord des lames en rivant des tôles verticales, on obtient un appareil à auge. Ces tables articulées sont employées pour les produits lourds et durs et pour un service pénible. Elles sont surtout utilisées dans les usines à gaz, comme tables de triage, dans les mines, dans les tuileries pour le transport de l'argile humide et enfin pour la manutention de produits isolés, sacs, caisses, moules, etc.

Les *norias à godets fixes* sont presque exclusivement employées comme élévateurs. Les godets sont en tôle de fer étamé ou galvanisé, en tôle d'acier ou en fonte malléable; parfois les godets sont perforés pour laisser égoutter l'eau. On emploie la chaîne pour les matières lentes et les matières lourdes, à un brin ou à deux brins. Les courroies sont utilisées pour les élévateurs à céréales et autres matières, qui offrent peu de résistance au puisage.

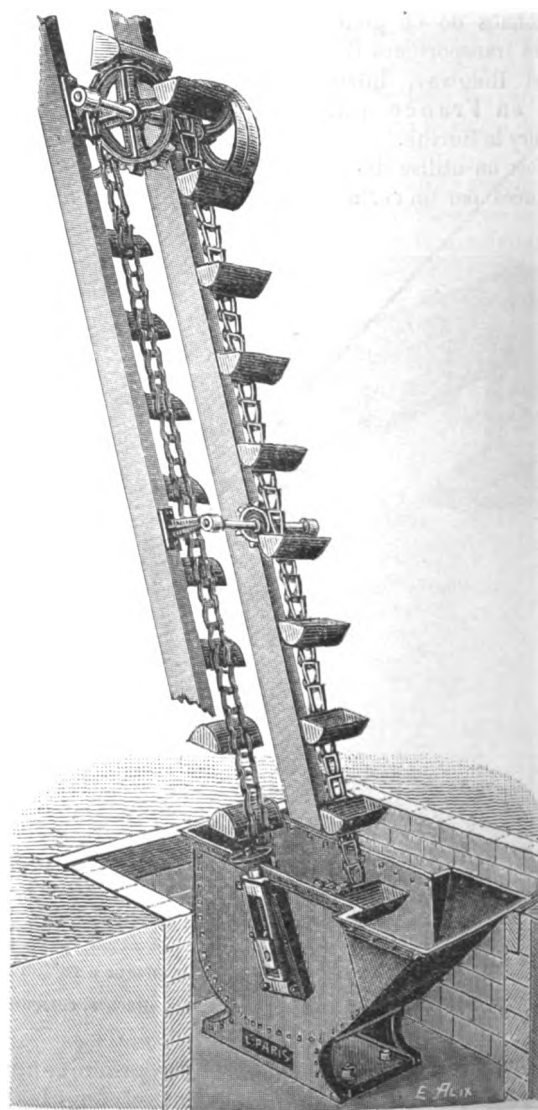


FIG. 191. — Elévateur à godets avec chaînes Gaim.

Le produit transporté par les godets est amené par un tuyau qui le fait couler en sens inverse du mouvement des godets ; les élévateurs pour les produits non poussiers marchent en général ouverts, et la cuvette de puisage et le tambour de tête sont, soit complètement indépendants, montés sur le plancher bâti existant, soit réunis par un bâti qui empêche le flottement des chaînes et a, en outre, pour mission, dans les positions obliques, de supporter l'effort de la composante du poids perpendiculaire à l'axe de l'organe de traction. Pour les farines et grains, la vitesse de marche de ces appareils est 3 mètres, pour les braisettes de charbons 0^m,60, et pour les matières dures et grasses, 0^m,30.

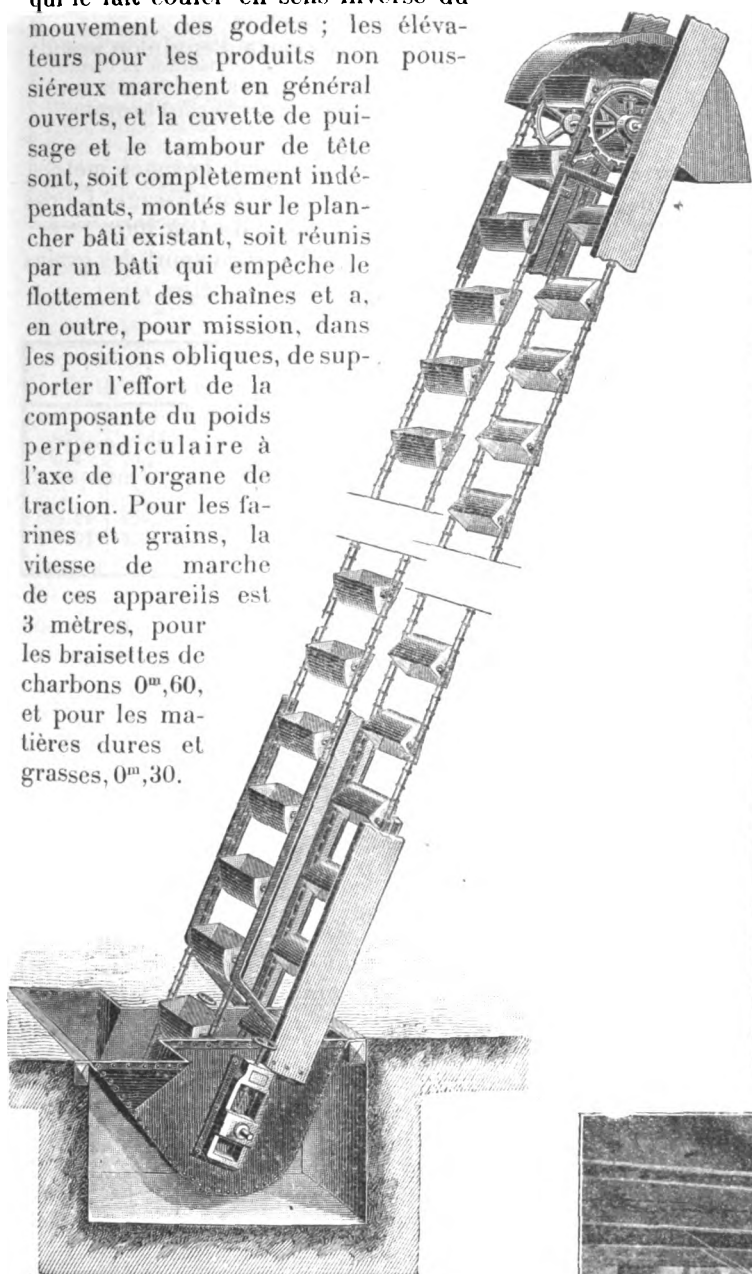


FIG. 192. — Élevateur à godets à double chaîne pour grands débits. (Construction de la Compagnie des chaînes Simplex.)

Transporteurs à godets oscillants. — Ces appareils ne sont guère employés que pour la manutention des charbons. Les godets sont suspendus à un organe de traction sans fin, de telle sorte qu'ils soient toujours dans la position voulue pour recevoir le produit ; l'organe de traction est presque toujours constitué par deux chaînes doubles à long pas, soit en fer forgé, soit en fonte malléable.

L'ensemble est enfermé dans une gaine étanche empêchant le dégagement des poussières. Les godets puisent dans l'auge inférieure la matière qui est amenée par un couloir approprié.

La forme des godets et leur écartement jouent un rôle important dans le fonctionnement de ces élévateurs ; il faut

que le déversement des matières sous l'action de la force centrifuge se fasse bien dans le couloir de déchargement et ne tombe pas dans la gaine verticale ni dans les godets inférieurs. Les élévateurs à courroies ou à chaîne peuvent être soit

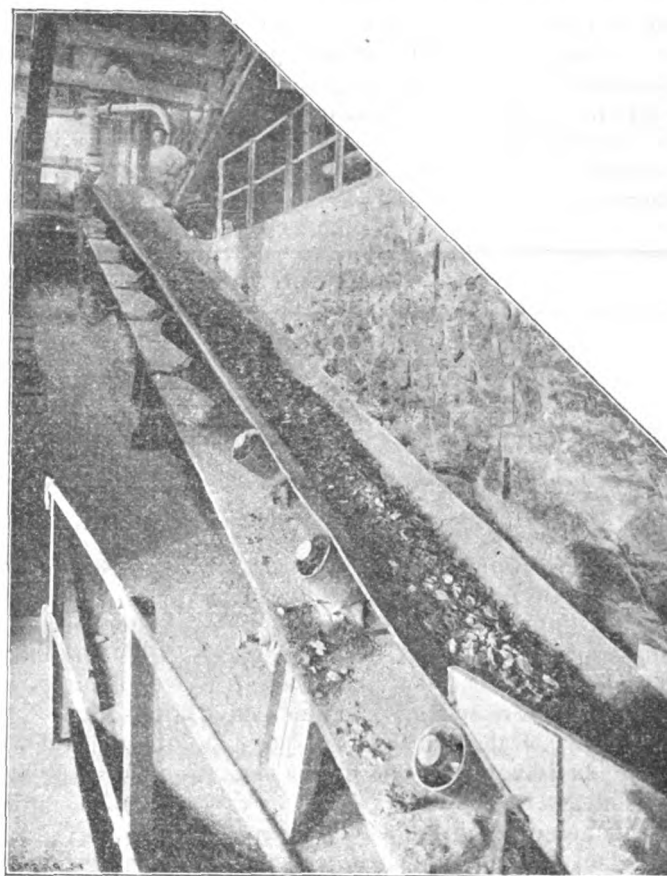


FIG. 193. — Transporteur par toiles. (Construction Neyret-Brenier.)

verticaux, soit inclinés ; les premiers s'emploient pour des débits

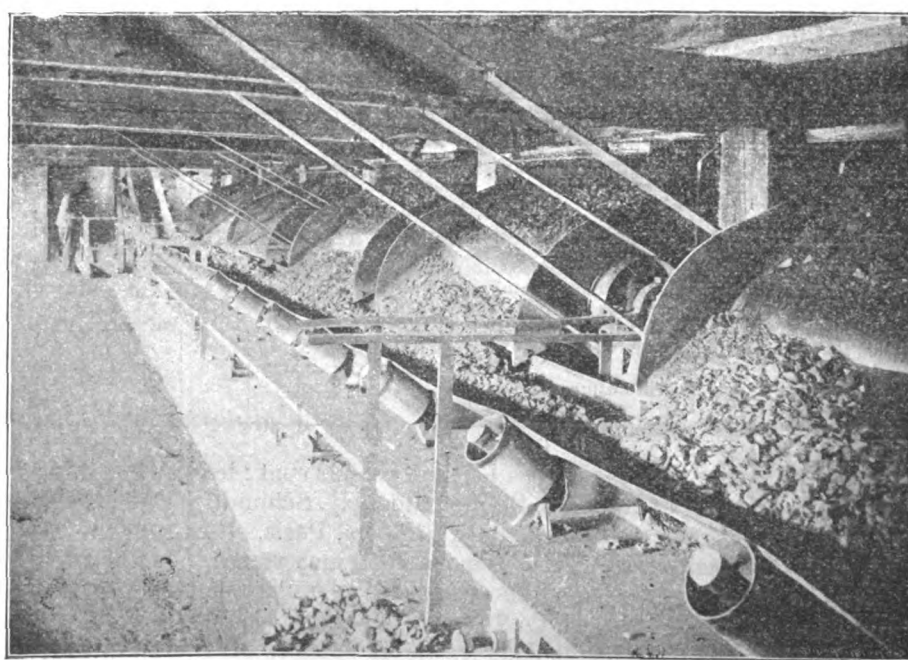


FIG. 194. — Rouleaux distributeurs. (Construction Neyret-Brenier.)

faibles et moyens et les matières divisées atteignant ou mieux ne dépassant pas la grosseur du poing ; les élévateurs inclinés

pour les très forts débits et les matières en gros morceaux. Ces derniers sont munis de chaînes spéciales glissant sur des guidages appropriés. Les plus grands types de ce genre comportent des chaînes montées sur galets et ce sont alors ceux-ci qui roulent sur les guidages. Des deux tambours sur lesquels passe la chaîne de la courroie, l'un est moteur et l'autre tendeur. Le premier est commandé par poulies et engrenages et le second est monté sur des paliers pouvant coulisser dans des rainures verticales. La tension de la chaîne peut être maintenue constante par des contrepoids ou par tendeur à vis. Le tableau ci-après renseigne sur les caractéristiques des transporteurs à godets construits par la maison Neyret-Brenier :

NUMÉROS DES APPAREILS	1	2	3	4	5	6	7	8
Longueur du godet en millimètres.....	150	200	230	250	280	300	350	400
Contenance théorique en litres.....	1,1	2	2,7	3,7	4,4	5	7,3	9,5
Tours du tambour à la minute.....	70	50	50	50	50	50	50	44
Force nécessaire pour 10 mètres d'axe en axe des tambours en HP.....	1	1,3	1,5	2	2,5	3	9,5	4
Débit en litres à l'heure, poudre.....	4.000	7.000	10.000	15.000	20.000	25.000	32.000	42.000
— — morceaux.....		9.000	5.500	7.500	10.000	15.000	25.200	20.000

Transporteurs à rouleaux. — Ces engins sont les plus simples, comme fonctionnement, des transporteurs sans organe de traction. On les emploie, dans les laminoirs, pour transporter les lingots, et par ailleurs pour le transport des bois de construction, ou autres corps très allongés. Les rouleaux sont commandés par des pignons d'angle recevant leur actionnement d'un arbre en long ou d'une chaîne appliquée.

Ils sont généralement disposés par 3 en forme d'angle, ce qui donne à la courroie une forme incurvée convenant bien pour contenir les matières à transporter (*fig. 194*). Le levier inférieur appuie de distance en distance contre la partie inférieure d'un train de rouleaux disposés en ligne droite. Enfin, des rouleaux-guides placés sur les côtés empêchent la courroie de sortir de ses supports. A ses deux extrémités la courroie passe sur un tambour de retour, dont l'un est fixe et sert à la commande de l'appareil, et l'autre, monté sur des glissières, est utilisé pour la tension de la courroie. L'inclinaison du transporteur varie avec les services qui lui sont demandés et suivant la nature des matières à débiter. Le tableau suivant donne les caractéristiques des transporteurs par toiles construits par la maison Neyret-Brenier, de Grenoble :

NUMÉROS DES APPAREILS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Largeur des courroies en millimètres.....	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
Nombre de tours du tambour de commande, par minute.....	35	50	50	50	40	40	35	35	35	30	30
Force nécessaire pour 20 mètres de courroie de longueur, en HP.....	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7
Débit à l'heure pratique, en litres.....	10.000	20.000	30.000	40.000	50.000	60.000	75.000	100.000	125.000	150.000	200.000
Poids pour 20 mètres de longueur, organes mécaniques.....	1.000	1.200	1.350	1.500	1.650	1.800	1.950	2.150	2.350	2.600	2.850
— — — moteurs.....	300	400	450	500	500	650	650	750	750	850	850
Poids de 1 mètre en plus ou en moins.....	70	85	90	100	110	120	130	145	155	170	180

Pour ces divers engins, les types les plus connus sont : les transporteurs ou éleveurs Merz, Robins, Ridgway, Schmidt, Lind, Belt et C^e, Bradley, Hunt, Marcus, Simplex, Paris, etc.

Vis et hélices transporteuses. — Dans la **vis transporteuse**, l'élément transporteur est une tôle ou un fer plat enroulé hélicoïdalement et qui tourne autour de l'axe de la surface de la vis (*fig. 195*). Les pas d'hélice dans les vis et spirales sont fixés à un arbre qui tourne dans une auge fixe. Les pas de vis sont ordinairement formés de tôles circulaires estampées et assemblées par rivetage. Parfois la forme s'obtient par laminage. Les spirales en fer plat ayant une résistance plus

élevée que les hélices en tôle pleine sont recommandées pour les fortes charges. Le jeu entre la vis et l'auge varie de 3 à 5 millimètres suivant la dimension de la vis.

Pour déterminer le débit de cette sorte d'engin on prend :

$$W = 60 \times \varphi \times \pi \frac{D^2}{4} \times s \times n \text{ mètres cubes à l'heure,}$$

où φ varie de $1/3$ à $1/4$, D est le diamètre de la vis en mètres, s le pas de la vis en mètres, φ le degré de remplissage. Le pas varie de $0,5 D$ à D et le nombre de tours, de 45 à 100.

On emploie avantageusement la vis au transport des grains des sciures, des produits moulus de toutes sortes,

Dans la construction des vis transporteuses de la maison Neyret-Brenier, l'arbre est soit plein, soit creux; dans ce dernier cas, il est formé de tubes en acier sans soudure frettés et assemblés par des tourillons goupillés. Ces der-

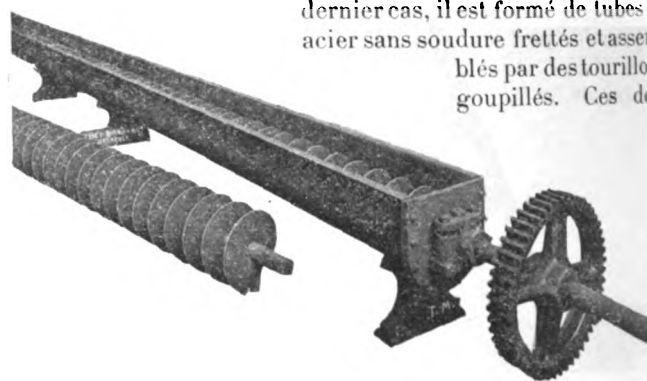


FIG. 195. — Vis transporteuse. (Construction Neyret-Brenier.)

niers reposent dans des paliers intermédiaires qui, avec les deux paliers d'extrémités, portent l'ensemble de la vis; les paliers intermédiaires sont en trois pièces et facilement démontables.

Les différents tronçons de la vis assemblés par des manchons rigides en deux pièces à ailettes peuvent être démontés sans toucher à l'auge.

La commande des vis peut se faire soit par engrenages coniques, soit par engrenages cylindriques, soit directement par poulies ou roues à chaînes calées sur l'arbre même de la vis. Quand les vis sont très longues, on peut les commander simultanément par les deux extrémités. La vitesse varie entre 50 et 125 tours. Le tableau ci-après renseigne sur les dimensions, puissance, rendement et poids des vis transporteuses de la maison Neyret-Brenier :

NUMÉROS DES APPAREILS	1	2	3	4	5	6	7	8
Diamètre de l'hélice en millimètres.....	160	200	250	300	350	400	450	500
Tours à la minute.....	75	70	65	60	55	50	45	40
Force nécessaire à une vis de 20 mètres de longueur en HP.....	1	1,5	2	2,8	3,5	4	5	6,5
Débit pratique à l'heure en litres.....	2.000	3.000	5.000	8.000	12.000	18.000	24.000	30.000
Poids d'une vis en tôle de 20 mètres arbre et paliers.....	400	460	560	700	840	1.000	1.200	1.440
Poids d'une auge de 20 mètres de longueur.....	650	750	900	1.100	1.300	1.500	1.700	1.900
Poids des organes, moteur, poulie folle et frein.....	75	110	140	160	190	220	»	»
Poids des organes, moteurs avec engrenages cylindriques ou coniques.....	235	270	320	340	420	420	490	600

La maison Gandillon, de Senlis (Oise), qui s'est fait une spécialité de la construction de ces engins, a adopté plusieurs dispositifs selon la nature des matières à convoyer. Elle fabrique des hélices transporteuses entièrement galvanisées, et d'autres avec des auges en cuivre ou des auges en tôle perforée. Les **hélices transporteuses sécheuses ou réfrigérantes** sont avec double paroi (*fig. 196*) entre lesquelles circule de la vapeur à très faible pression; les mêmes auge à double paroi s'emploient en faisant circuler de l'eau froide entre les deux parois de l'auge, pour refroidir des produits chauds, tout en les transportant et les mélangeant.

Les hélices transporteuses élévatoires à plusieurs spires concentriques, dont les tangentes font des angles égaux avec un plan perpendiculaire à l'arbre comme à toutes les spires, conviennent pour élever les grains, le sucre, la pulpe, les lentilles, les olives vertes, etc.

Quand, par les dispositions des bâtiments, ou par suite d'autres circonstances, on est dans l'obligation d'avoir deux hélices transporteuses faisant un coude d'é-

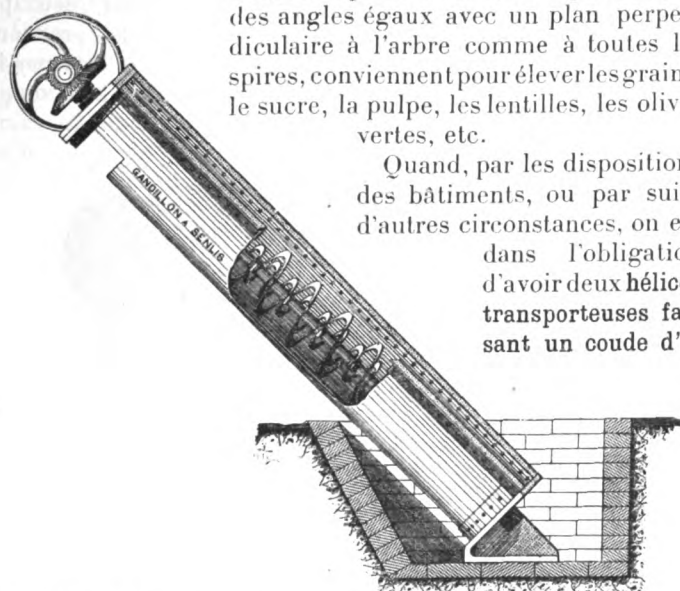


FIG. 196. — Hélice transporteuse réfrigérante. (Système Gandillon.)

querre, la maison Gandillon dispose (*fig. 197*) une roue Galle commandant par chaîne sans fin une autre roue, sur l'axe de laquelle est fixée une roue d'engrenage conique qui engrène avec un pignon conique entraînant l'arbre de l'autre hélice transporteuse. Avec ce dispositif, les matières qui sont amenées par la première hélice, jusque dans les spires de la seconde hélice, sont immédiatement entraînées par celle-ci, et aucune obstruction ne peut avoir lieu, quand même le produit transporté serait humide ou empâté et glisserait mal dans les auges, comme du sucre roux, ou les pulpes de betteraves sortant des presses.

L'**hélice brouette** (*fig. 198*) s'emploie pour le chargement et le déchargement des wagons de chemin de fer, et un moteur électrique disposé *ad hoc* actionne l'arbre de l'hélice par l'intermédiaire d'un réducteur à engrenages. Elle peut aussi être employée dans les fabriques de ciment pour recevoir successivement, par diverses trappes, le ciment qui est mis provisoirement dans les silos, et pour le transporter à l'embarillage.

L'**hélice pivotante** (*fig. 199*) s'emploie pour répartir la matière

sortant de l'hélice à différents endroits d'une surface, et son moteur électrique actionne aussi l'arbre de l'hélice par l'intermédiaire d'un engrenage conique, de poulies et d'une courroie.

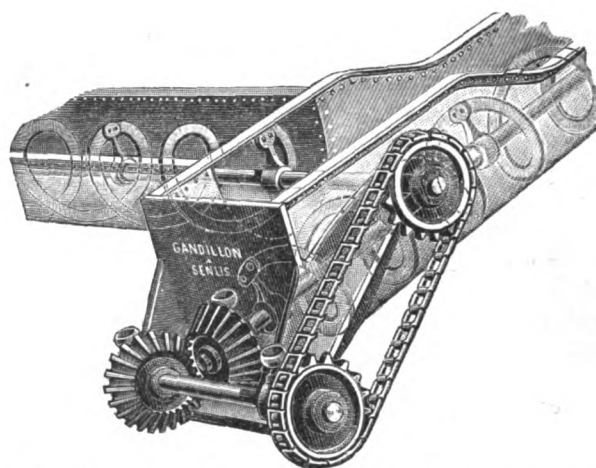


FIG. 197. — Disposition de deux hélices transporteuses formant un cadre d'équerre. (Système Gandillon.)

Tubes de transport. — Les tubes de transport se différencient des vis et spirales en ce sens que l'auge est constituée par un tube fermé qui tourne et les pas de vis sont fixés à ces tubes; il n'existe donc pas d'arbre. Le produit transporté est introduit à une extrémité par le centre du tube et sort à l'autre

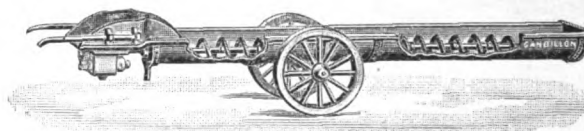


FIG. 198. — Hélice brouette. (Système Gandillon.)

extrémité. Il n'est pas aussi facile dans ce système que dans les vis de créer des déchargements intermédiaires, les ouvertures tournant avec le tube. Le nombre de tours de ces appareils varie entre 30 et 50.

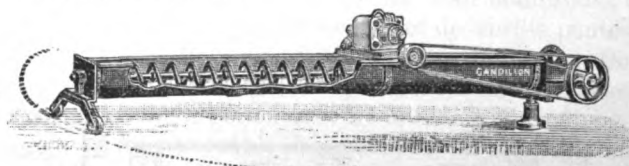


FIG. 199. — Hélice transporteuse pivotante.

Couloirs à propulsion. — Les couloirs à propulsion se composent en général d'une auge fixe dans laquelle des raclettes sont animées d'un mouvement alternatif, tel qu'à l'aller elles poussent le produit et au retour, au contraire, sortent du produit. Ces raclettes sont fixées à une tige qui reçoit son mouvement d'une manivelle. Ce genre de transporteur est surtout

employé à la place de la vis lorsqu'il s'agit d'une matière qui a tendance à s'agglomérer ou qui contient des morceaux durs.

Couloirs oscillants. — Ils s'adaptent au même genre de transport que les vis, et ont l'avantage de permettre de plus grands débits et de plus grandes longueurs de transport. Celui-ci a lieu par frottement, la matière étant déposée sur le fond d'un couloir animé d'un mouvement alternatif. La pression sur le fond varie d'une façon continue par suite de mouvements rapidement répétés d'élévation et d'abaissement de l'auge. Le couloir est supporté par des tiges inclinées et reçoit son mouvement d'une manivelle tournant rapidement. Le couloir à secousses est, dans la plupart des cas, supérieur aux vis au point de vue de la consommation d'énergie.

Ces couloirs peuvent servir de tables de triage dans les ateliers de préparation de minerais et encore de transporteurs-tamiseurs dans les usines à gaz et les fonderies. Leur installation est aussi indiquée dans les endroits peu accessibles, et on peut les placer directement sous les toits et dans des caniveaux impraticables.

Transporteurs à tabliers métalliques. — Ces appareils sont employés à la place des transporteurs par toile lorsque la dureté, le poids, la nature ou la température des matières rendent peu pratique l'usage de ces derniers. On rencontre surtout ces appareils dans les usines à gaz, les mines, les usines à chaux et à ciment, où ils servent surtout comme tables de triage et de chargement.

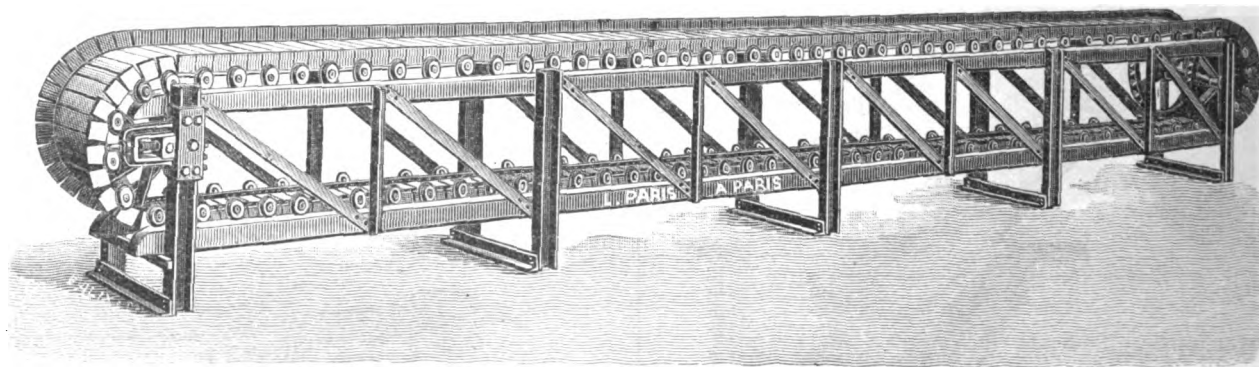


FIG. 200. — Transporteur à tablier sans fin. (Système Paris.)

Ces appareils se composent d'une série de palettes métalliques montées sur des chaînes articulées et roulant ou glissant, par l'intermédiaire de galets ou de patins, sur des chemins de roulement convenables. On emploie le plus généralement les galets, à l'effet d'avoir un plus faible coefficient de frottement et par suite une économie dans la force motrice.

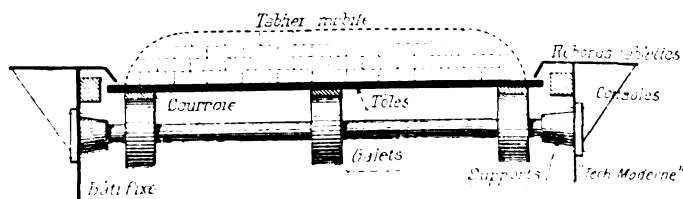


FIG. 201. — Coupe d'une table de triage. (Système Neyret-Brenier.)

Lorsque la finesse du produit l'exige, les tablettes métalliques sont à recouvrement, de façon à présenter entre elles des joints aussi étanches que possible.

CABLES TRANSPORTEURS AÉRIENS

En Chine, il y a quinze cents ans, on se servait déjà des fils de fer pour traverser les fleuves. Au moyen âge, on construisait des voies aériennes pour le transport des lettres et paquets. Heusinger von Waldegg signale à la bibliothèque de Vienne un livre de pyrotechnie, datant de 1411, dans lequel est dessiné un chemin à câble. La chronique de la ville de Dantzig dit que l'ingénieur hollandais Wybe Adam construisit, en 1641, une voie aérienne dans cette ville, pour le transport de déblais avec des cordes en chanvre.

L'exploitation économique des mines en Europe conduisit à l'idée d'utiliser les fils de fer pour transporter les minerais, ce moyen étant, dans certains cas, le seul utilisable pour communiquer entre la montagne et la plaine.

Dans les petites industries, le transport des matières premières a souvent beaucoup d'importance; dans les grandes industries, le coût des transports s'élève souvent à des sommes importantes et l'étude de ces transports s'impose, à cause de la concurrence, afin d'obtenir des prix plus bas de production. Parmi les divers moyens de transport, ceux par câbles ont pris, dans ces derniers temps, une des premières places. Cela est dû, non seulement aux progrès faits par les constructeurs de câbles en fils d'acier, mais aussi à la simplicité et à la commodité de ces installations.

Le principe des chemins aériens est très simple, comme on le verra ci-après.

Ce système de transport offre de grands avantages, surtout dans les pays montagneux, où la différence de niveau permet de remorquer à la montée les bennes vides, au moyen du poids des bennes pleines qui descendent. On obtient parfois des excédents de force qu'on utilise, aux stations, pour des travaux divers. Si la différence de niveau est insuffisante, il faut appliquer un moteur.

L'installation des voies aériennes est indépendante de la forme du terrain, car elles franchissent tous les obstacles, tels que ravins, collines, routes, voies ferrées, bâtiments même.

Quelle que soit la pente, une ligne aérienne peut être établie, alors que la construction d'un chemin de fer terrestre ou même d'une route serait chose impossible. En donnant, du reste, aux pylônes consécutifs des hauteurs différentes, on arrive à transformer le profil, trop inégal du terrain, en une ligne à ondulations régulières constituant une voie de roulement plus favorable à tous les points de vue.

L'établissement d'une ligne aérienne n'exige, comme emprise du sol, qu'une bande de terrain étroite dont la jouis-

sance s'obtient le plus souvent par simple location, sauf au droit des pylônes où il est nécessaire de s'assurer la possession du sol sur l'étendue de surface qui sert de base à ces appuis. Sur le reste du parcours de la voie, les terrains traversés conservent leur destination ordinaire et leur exploitation n'est gênée en aucune façon par le passage d'un chemin de fer aérien.

Il est seulement d'usage de payer aux propriétaires du sol une redevance annuelle par mètre courant de voie aérienne, afin de s'assurer le droit de suivre la ligne sur tout son parcours et de pouvoir ainsi, par une inspection régulière, se rendre compte de l'état des organes divers, et des réparations qu'il convient d'effectuer.

On a édifié des installations ayant des portées de plus de 1.000 mètres sans appuis intermédiaires, des voies à 3.000 mètres de hauteur au-dessus du niveau de la mer, des va-et-vient de plus de 2 kilomètres de longueur. Les poids transportés ont dépassé 10 tonnes.

Les lignes sont automotrices dès que la pente moyenne dépasse 100/0. Quant à la longueur des voies aériennes elle n'a pour ainsi dire pas de limite; il existe des voies de 35 kilomètres et plus.

Le rendement d'un chemin aérien est limité à 1.000-1.200 tonnes par journée de dix heures de travail; si l'on veut transporter des quantités supérieures, le meilleur moyen est de doubler la voie.

Systèmes de transporteurs par câbles.

— Nous distinguons quatre systèmes de transporteurs par câbles: système tricâble, système monocâble ou système anglais, système monocâble américain et le va-et-vient. On établit aussi, pour des petits transports, des lignes à un seul câble porteur ou système allemand.

Le système tricâble consiste en trois câbles dont deux, dits porteurs, sont tendus en ligne droite entre deux stations. Les câbles reposent parallèlement sur des poteaux dont la hauteur varie selon le profil du terrain, de manière à obtenir une ligne de câble s'approchant d'une ligne droite ou d'une parabole (fig. 202). La distance entre les deux câbles varie entre 1^m,50 et 3 mètres. Ces câbles sont fixés à l'une des stations et mis en tension à l'autre au moyen de contrepoids. Si la ligne dépasse une certaine longueur, ou comporte des changements de direction, il faut établir, en dehors des stations terminus, des stations intermédiaires.

Le troisième câble, dit tracteur, est continu et se meut parallèlement aux câbles porteurs; dans les stations, il passe sur des molettes; il est tendu par un contrepoids et marche sans arrêt.

Les bennes chargées, qui portent les matériaux à transporter, roulent sur les câbles porteurs et sont entraînées par le câble tracteur, auquel elles sont attachées.

Les bennes chargées descendent sur un des câbles porteurs et remontent les bennes vides sur l'autre.

Le système monocâble comporte un seul câble continu qui sert de câble porteur et tracteur. Aux poteaux, ce câble passe sur des poulies, et aux stations sur des molettes. Il marche continuellement. Les wagonnets comme dans le premier système, se détachent du câble, aux stations, pour le chargement et le déchargement et s'y rattachent ensuite.

Le principe du système monocâble américain est le même que le précédent, seulement le wagonnet est fixé au câble, et il tourne sur des molettes aux stations. La vitesse de marche

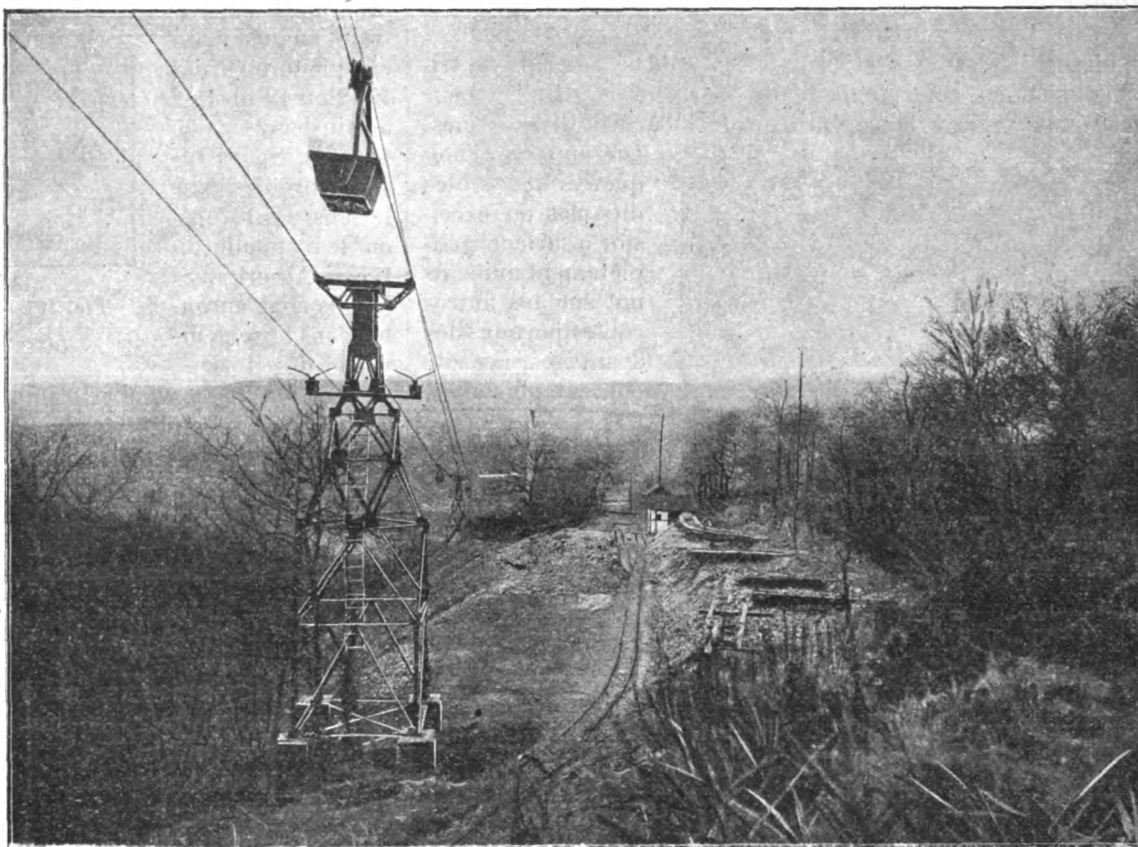


FIG. 202. — Transporteur aérien à trois câbles. (Construction de la Société de Manutentions mécaniques industrielles.)

est modérée et le chargement et le déchargement se font sans arrêt.

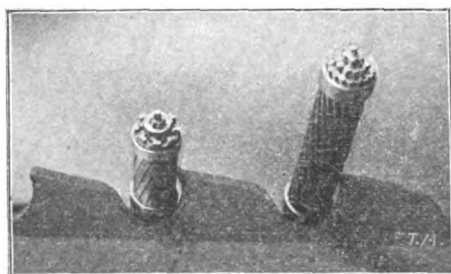
Le système tricâble est préféré pour des transports importants et quand les accidents de terrain sont nombreux; c'est-à-dire quand il y a de longues portées et de fortes pentes. Le monocâble comporte un coût d'installation inférieur. Dans le système tricâble, le changement pour usure du câble tracteur, qui est relativement petit, entraîne une dépense inférieure au changement du monocâble. Le câble porteur a, naturellement, une durée considérable. Le système américain permet l'emploi du monocâble même sur des pentes très fortes.

Le va-et-vient comporte deux wagonnets seulement qui montent et descendent alternativement, en s'arrêtant, chaque fois, aux stations. Les wagonnets sont fixés directement au câble tracteur, celui qui est chargé remonte l'autre qui est vide. Ce système est très simple et très employé dans les montagnes. La vitesse des wagonnets et leur charge peuvent être augmentées sensiblement.

Pour les dépenses d'installation il est difficile de fixer des prix généraux, car ils varient énormément suivant les endroits, les terrains, la quantité de matériaux à transporter, la longueur de la ligne et le système choisi. Cependant, pour en donner une idée, nous dirons que ces dépenses, tout compris, soit : matériel métallique, tel que bennes, câbles, etc., parties en bois et maçonnerie pour les poteaux et stations, frais de montage et de transport, varient de 10.000 à 50.000 francs par kilomètre.

Les frais d'exploitation comprennent le personnel, la force motrice, si elle est nécessaire, le graissage, le remplacement du matériel, l'intérêt et l'amortissement des capitaux engagés. Dans les cas ordinaires, ces frais, ramenés à la tonne kilométrique, varient avec l'importance du trafic et la longueur de la ligne entre 0 fr. 65 et 0 fr. 10, sans tenir compte des frais de chargement des bennes.

Dispositifs des installations. — Les câbles porteurs du tri-câble sont en acier hélicoïdaux à 19, 37 et 61 fils. Leur résistance varie à la rupture de 80 à 200 kilogrammes.



Câble clos. Câble à spirale.
FIG. 203.

On emploie quelquefois des câbles dits **clos** ou **excelsior** à surface complètement unie : ils ont sur les autres câbles porteurs des avantages, mais ils coûtent plus cher. Ces câbles sont formés par des pièces

tréfilées qui ne laissent pas d'interstices, comme les câbles à fils ronds. Les câbles **mi-clos**, sont formés avec des fils ronds et des pièces tréfilées ; on obtient une surface lisse, sans trop augmenter le prix. Les câbles porteurs hélicoïdaux ne devant pas avoir de soudures dans les fils ont des longueurs limitées et les joints des différentes parties se font au moyen de pièces *ad hoc*. Les câbles porteurs sont solidement ancrés dans un fort massif de maçonnerie et tendus à l'autre extrémité par des contrepoids qui maintiennent l'effort des câbles, d'une façon constante, soit pour les variations de température, soit pour les variations des charges. Pour les petites lignes, on substitue parfois aux contrepoids des tendeurs à ressorts, ou des tirants à vis avec réglage à la main.

Pour les lignes de système **monocâble**, on emploie en gé-

néral des câbles flexibles en acier qui ont six torons à sept fils chacun ou plus. Pour la mise en tension des câbles porteurs, on coupe le câble à l'extrémité, et on y met un contrepoids formé par des caissons ayant une ossature en fer profilé et des parois en bois qu'on remplit de pierres ou de ferrailles pour obtenir le poids nécessaire à la tension. On utilise aussi, pour ces caissons, de vieilles chaudières ou bien on fait simplement des blocs de béton. Ces caissons sont construits de forme rectangulaire ou ronde. Les câbles porteurs et ces contrepoids ont toujours été reliés par des chaînes. La maison Ceretti et Tanfani de Milan a adopté un dispositif spécial à câbles extra-flexibles guidés sur des poulies à grand diamètre. L'usure de ces câbles est très petite et l'on évite des ruptures subites, inévitables avec les chaînes.

On construit les câbles tracteurs du type à six torons ou plus avec une âme centrale en chanvre, chaque toron ayant

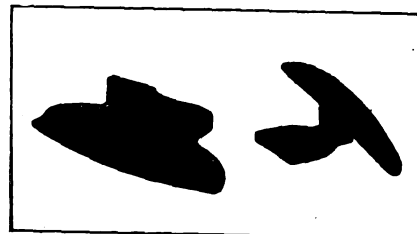


FIG. 205. — Sabot et coussinet oscillant.
(Système Neyret-Brenier.)

7, 12 ou 19 fils ; on a ainsi 42-72 ou 114 fils. Si les fils sont enroulés dans le sens des torons, on les appelle du type « Albert ». Si les fils sont enroulés dans le sens inverse des torons, ils sont du type normal. On joint ces câbles au moyen d'épisures ou de manchons spéciaux.

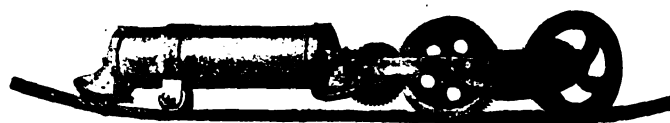


FIG. 206. — Graisseur à pompe pour câbles porteurs aériens.
(Système Ceretti et Tanfani.)

On dresse des poteaux ou pylônes tous les 30-50 mètres, mais on peut atteindre des portées de 800 mètres et au delà. Ils se font en bois, en fer, en fonte et en ciment armé. Les premiers ne sont pas trop coûteux, surtout dans certains pays où le bois se trouve sur place. L'entretien en est plus coûteux, certaines parties devant être remplacées de temps en temps. Les pylônes en fer sont employés dans les pays où il n'y a pas de bois et pour des installations destinées à une longue durée. Le coût en est naturellement supérieur, mais l'entretien en est presque nul.

La hauteur des pylônes en bois (fig. 204) ou en fer varie d'après le profil du terrain et peut atteindre 35-50 mètres et même plus.

La longueur des sabots des câbles porteurs et le diamètre des galets porteurs du câble tracteur varient selon les portées et le rendement de la



FIG. 207. — Graisseur à pompe pour câbles porteurs aériens.
(Système Ceretti et Tanfani.)

ligne. On a tenté d'adopter, pour l'appui des câbles porteurs, des poulies ou des chariots avec des galets, comme pour les ponts suspendus, mais on est toujours revenu aux sabots.

Les galets porteurs se contraignent suivant différents types. La partie en fonte des galets s'use assez rapidement, aussi l'a-t-on faite très légère, afin que le changement en soit peu coûteux. On garnit aussi ces rouleaux de fourrures échangeables placées dans la gorge.

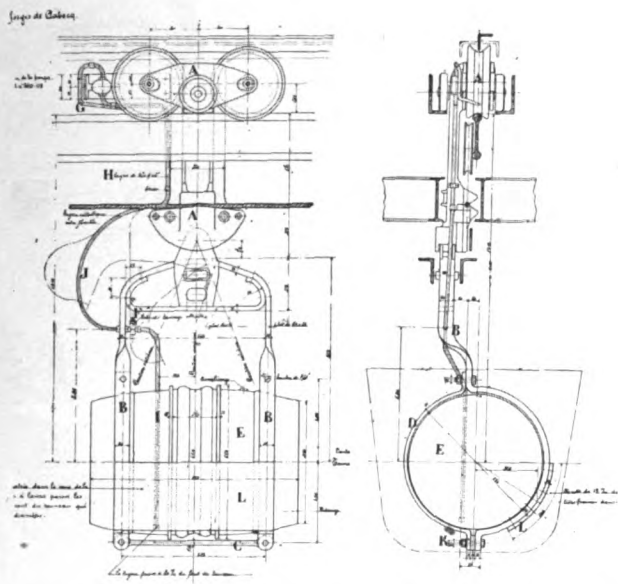


FIG. 208. — Disposition schématique de tonneau graisseur avec pompe actionnée par les roues du chariot, système Beer.

Dans le système monocable, naturellement, à la place des sabots, on a des poulies de roulement, et les galets du câble tracteur sont supprimés.

Dans l'établissement d'un chemin aérien il faut distinguer quatre types de stations :

Station de chargement, station de déchargement, station d'angle ou de changement de direction et station de tension des câbles porteurs.

L'ossature d'une **station de chargement** est constituée par une charpente en fer ou en bois. Les câbles porteurs dans cette station, comme dans toutes les autres, sont remplacés par des rails suspendus sur lesquels on pousse les wagonnets. Les câbles sont ancrés dans cette station. Les rails vont d'une voie à l'autre et parfois on a des aiguillages pour pénétrer, avec ces rails, dans les mines ou magasins. Pour relier les câbles porteurs aux rails, on a un rail en forme d'aiguille dont le dessous est évidé, de telle sorte que le câble peut se placer dans cet évidement. Les rails suspendus sont portés par des chaises espacées de 2 à 4 mètres.

Le câble tracteur passe sur des molettes qui ont, en général, le diamètre correspondant à l'écartement des deux voies. On obtient l'adhérence suffisante au moyen des contre-molettes, de façon que le câble tracteur passe dans 2-3 gorges de la molette principale. Les freins sont en général à ruban. Si le frein doit absorber une force excédente continue, il est utile de se procurer un jet d'eau pour en rafraîchir la surface. On construit aussi des freins spéciaux à réservoir d'eau et on fait parfois usage de régulateurs hydrauliques qui absorbent l'excédent de force. Par contre, s'il faut de la force motrice à l'arbre principal, on applique un renvoi d'engrenages coniques, qui, au moyen d'un arbre secondaire et de poulies à courroie, sont actionnés par le moteur. Le graissage de toutes les parties tournantes se fait automatiquement ; il n'y

a de temps en temps qu'à tourner un couvercle qui presse la graisse à travers une rainure aboutissant aux surfaces de friction.

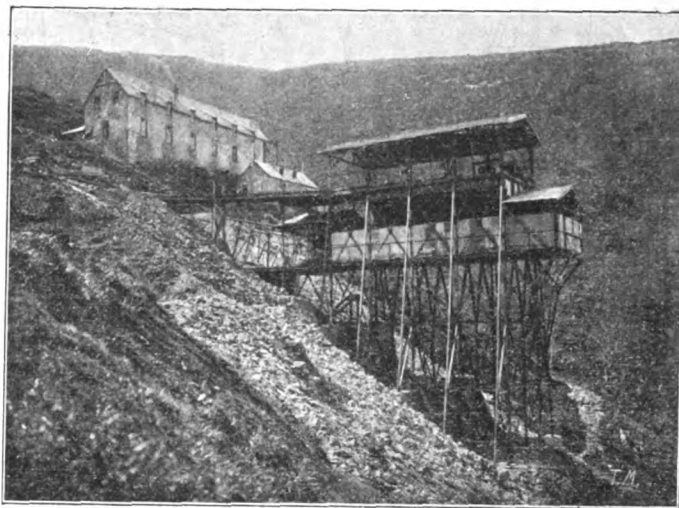


FIG. 209. — Station de chargement et départ de la ligne d'un câble à mouvement continu. (Construction Neyret-Brenier.)

Aussi bien à cette station qu'aux autres, on dispose des poulies guides du câble tracteur qui servent à guider le câble dans les molettes.



FIG. 210. — Station de chargement d'un va-et-vient en montagne. (Construction Neyret-Brenier.)

À cette station, on se sert souvent du treuil de mise en marche, comportant engrenages et manivelles, lorsque la ligne, étant automotrice en marche, ne peut se mettre en fonctionnement sans aide.

Ces stations de chargement peuvent être construites de deux façons : **avec trémies** ou **à niveau**. Dans le premier cas, toute la construction est enfoncée dans le sol : les matériaux à transporter qui sont, dans ce cas, en morceaux ou en poussier, sont versés, par en haut, dans les trémies ; au-dessous, les wagonnets du porteur aérien puisent leur charge. Dans le second cas, le chargement se fait à niveau, à la pelle ou à la main, s'il s'agit de matériaux en morceaux réguliers à transporter ; quelquefois on décroche les caissons des wagonnets du porteur aérien ; on les transporte au point de chargement sur des trucs dans la mine ou carrière et on les ramène à l'ac-

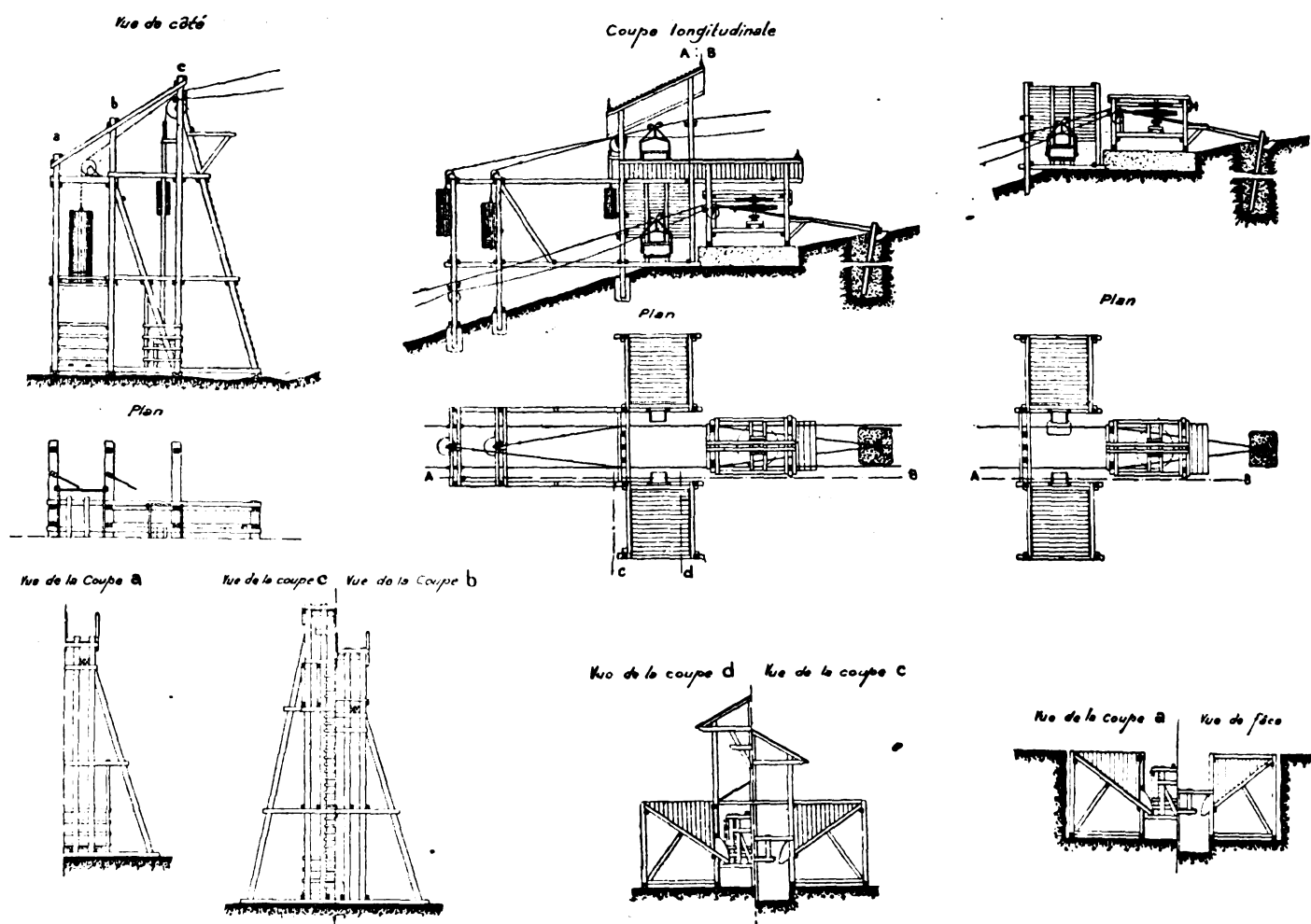


FIG. 211. — Station d'un va-et-vient. (Système Ceretti et Tanfani.)

crochage. La station à trémiest plus coûteuse comme construction, mais le service est simplifié.

Une station d'angle ou de changement de direction, est en réalité, formée d'une station de chargement et d'une station de déchargement. D'un côté, les câbles porteurs sont mis en tension par des contrepoids, de l'autre côté, ils sont ancrés. Des rails suspendus vont d'un câble à l'autre, faisant ainsi des courbes de raccordement entre les deux lignes droites des câbles.

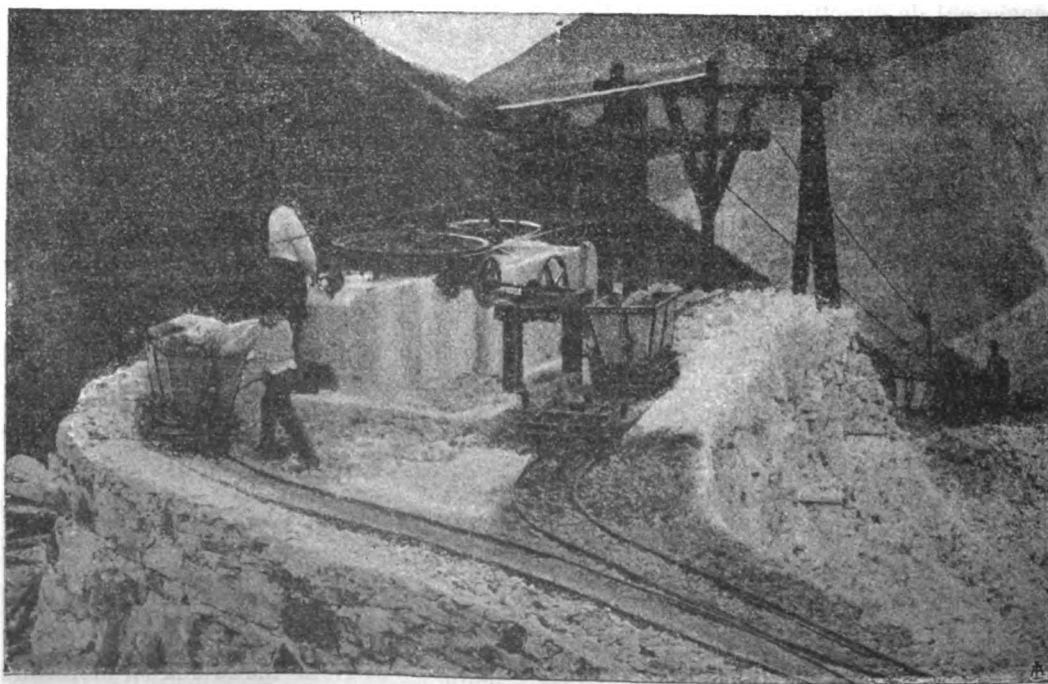


FIG. 212. — Station de chargement d'un va-et-vient. (Construction Ceretti et Tanfani.)

Pour les très longues lignes on est obligé de placer, en certains points du parcours, des tensions intermédiaires.

La disposition des molettes est double de celle de la station de chargement, le câble tracteur étant interrompu. On adopte souvent le dispositif de la mise en tension du câble tracteur, pour une des parties de la voie.

Ce type de station demande une équipe d'hommes qui poussent les wagonnets sur les rails suspendus et un mécanicien au treuil.

Pour la station de déchargement, comme

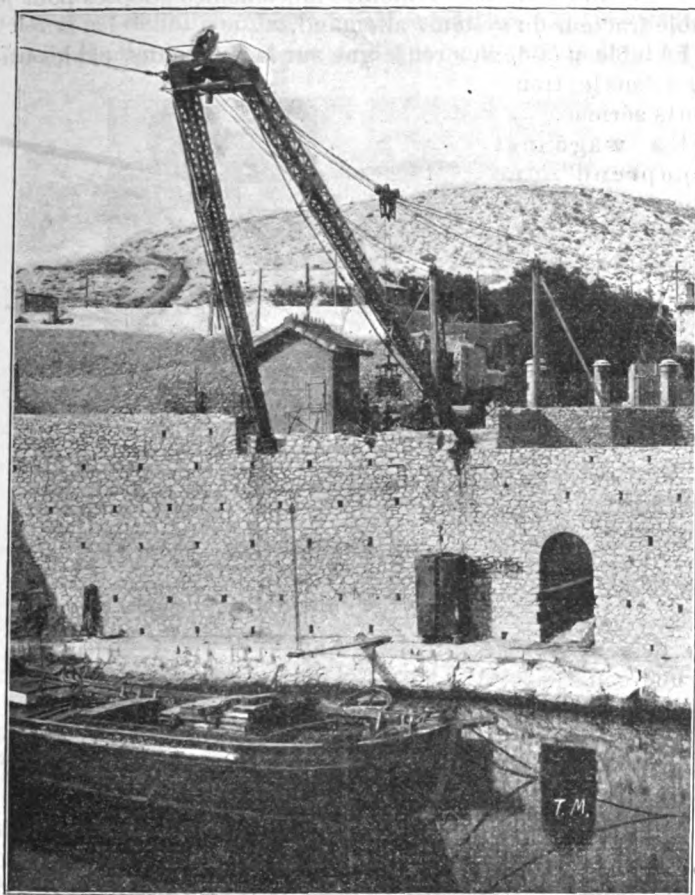


Fig. 213. — Bigue et transporteur aérien pour déchargement de bateau. (Construction Neyret-Brenier.)

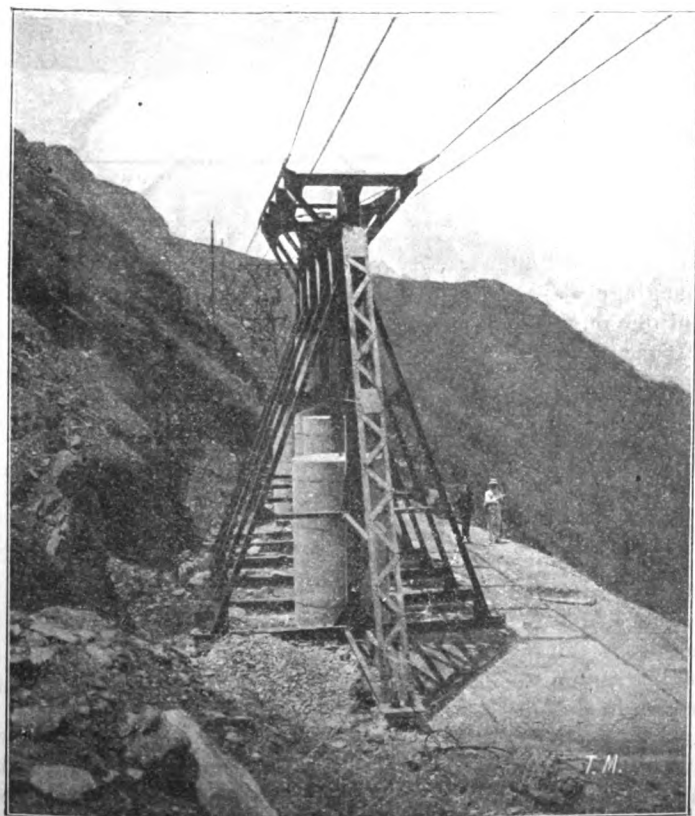


Fig. 214. — Tension intermédiaire. (Construction Neyret-Brenier.)

molette simple, et la mise en tension de cette molette par un contrepoids. La crapaudine de la molette est placée dans une glissière.

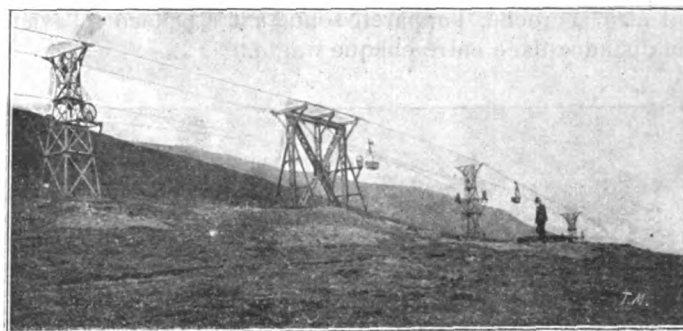


Fig. 215. — Un ancrage intermédiaire. (Construction Neyret-Brenier.)

Cette station peut se construire **surélevée** ou à **niveau** dans le premier cas, on se propose de faire une mise en tas au-

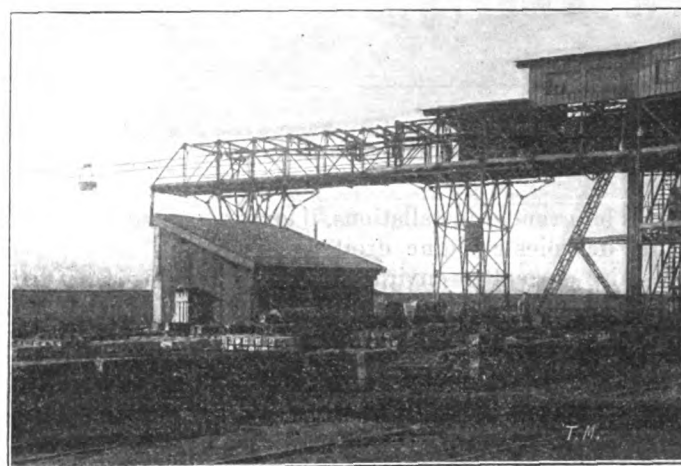


Fig. 216. — Station de déchargement en charpente métallique. (Construction Neyret-Brenier.)

dessous, ou de charger directement des wagons, des bateaux ou des camions, en culbutant simplement les caissons

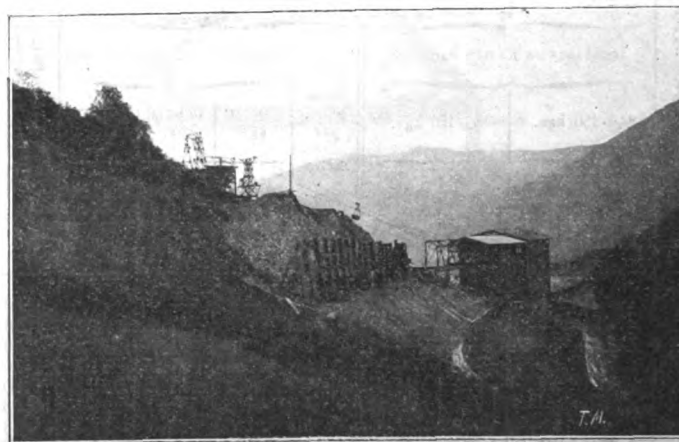


Fig. 217. — Station de déchargement avec mise en stock de minéral. (Construction Neyret-Brenier.)

des wagonnets du porteur aérien dans des coulottes qui aboutissent aux wagons, bateaux, camions ou dépôt; dans le deuxième cas, le déchargement se fait au niveau du sol; il

s'agit souvent de blocs de pierre ou de matériaux quelconques qu'il faut prendre à la main et déposer de côté. On applique la plupart du temps dans ces stations des appareils à clochette, indiquant l'espacement des wagonnets. Quand un wagonnet doit être accroché, l'appareil sonne : il est placé à l'avance à la distance fixée entre chaque wagonnet.



FIG. 218. — Ancrage des câbles porteurs à une station d'extrémité. (Construction Neyret-Brenier.)

Dans les grandes installations, il arrive souvent d'avoir des parties de voies en ligne droite très longues ; alors, il est nécessaire de mettre environ tous les 2.000 mètres, une **station de tension** des câbles porteurs. Les câbles porteurs sont coupés en ce point et d'un côté ils sont munis d'un contre-poids, de l'autre ils sont ancrés.

Les rails suspendus remplacent la partie des câbles coupés. Cette station ne demande pas de service spécial, le câble tracteur n'étant pas coupé en ce point.

Les stations pour le système monocable sont, par le principe même du système, beaucoup plus simples. On emploie,

CABLES PORTEURS					CABLES TRACTEURS					DIAMÈTRE DU FIL ÉLÉMENTAIRE
DIAMÈTRE	construction à spirale		construction close		construction à tronc avec âme centrale en chanvre					
	RÉSISTANCE DE L'ACIER PAR MM ²				RÉSISTANCE DE L'ACIER PAR MM ²					
	140-150 kgs.		90-100 kgs.		POIDS par mètre kgs.	120-130 kgs.	140-150 kgs.	170-180 kgs.		
	poids par mètre kgs.	résistance à la rupture tonnes	poids par mètre kgs.	résistance à la rupture tonnes		résistance à la rupture tonnes	résistance à la rupture tonnes	résistance à la rupture tonnes		
mm.									mm.	
10	—	—	—	—	0,32	3,8	4,7	5,7	1,30	
12	—	—	—	—	0,48	5,8	7,2	8,6	1,60	
14	—	—	—	—	0,71	8,9	11,1	13,3	1,50	
16	—	—	—	—	0,94	11,4	14,3	17,1	1,70	
18	1,70	27,5	1,9	20,5	1,12	14,3	17,8	21,4	1,90	
20	2,05	34	2,4	25,4	1,44	17,3	21,7	26	1,60	
22	2,50	41	2,9	30,7	1,70	21,5	26,8	32,2	1,78	
24	2,95	49	3,4	36,5	2,11	27,5	34,3	41,2	1,60	
26	3,40	57	4	42,9	2,43	32,1	40,1	48,2	1,73	
28	4	66	4,6	49,7	—	—	—	—	—	
30	4,60	76	5,3	57	—	—	—	—	—	
32	5,15	86	6	65	—	—	—	—	—	
34	5,80	97	6,8	73	—	—	—	—	—	
36	6,60	109	7,6	82	—	—	—	—	—	
38	7,25	122	8,5	92	—	—	—	—	—	
40	8	134	9,4	102	—	—	—	—	—	

pour le câble unique, les mêmes mécanismes adoptés pour le câble tracteur du système allemand.

Le tableau ci-dessus renseigne sur la nature des câbles utilisés dans les transports aériens.

Un **wagonnet** comprend une benne ou plate-forme, un chariot roulant sur le câble porteur portant la benne par l'intermédiaire d'une suspension, un appareil d'accouplement servant à assurer la liaison entre le câble tracteur et le wagonnet. Le **chariot de roulement** se compose généralement de deux galets en acier coulé tournant sur des axes graisseurs et montés entre deux flasques en acier solidement entretoisées. Ces flasques portent un axe autour duquel peut osciller la suspension de la benne ordinairement en fer forgé et construite de telle manière que le centre de gravité de la charge se trouve dans le plan vertical passant par les points de contact des galets de roulement. La benne peut être une caisse ordinaire dont les deux tourillons sont portés par le bras de suspension avec dispositif de basculage automatique ou non.

L'organe le plus important d'un transporteur aérien est l'**appareil d'accouplement**. On divise les appareils d'accouplement en **appareils en dessous**, destinés aux installations dont le câble tracteur se trouve au-dessous du câble porteur, et en **appareils en dessus**, où le câble tracteur se trouve au-dessus du câble porteur. Dans le premier cas, l'appareil est fixé à la suspension de la benne, dans le second, à l'une des flasques du chariot.

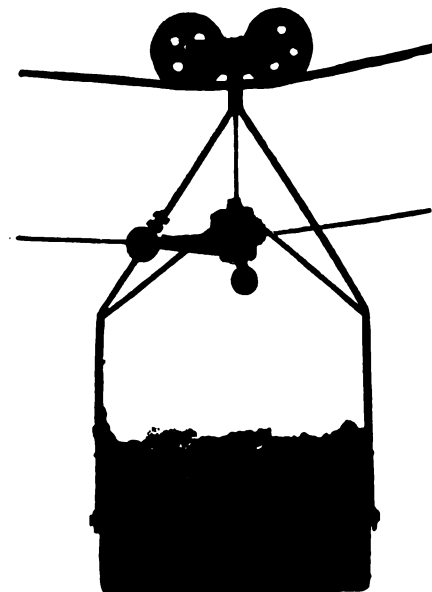


FIG. 219. — Ensemble d'un wagonnet avec câble tracteur en dessous. (Système Neyret-Brenier.)



FIG. 220. — Ensemble d'un wagonnet avec câble tracteur en dessus. (Système Neyret-Brenier.)

L'organe le plus important d'un transporteur aérien est l'**appareil d'accouplement**.

On divise les appareils d'accouplement en **appareils en dessous**, destinés aux installations dont le câble tracteur se trouve au-dessous du câble porteur, et en **appareils en dessus**, où le câble tracteur se trouve au-dessus du câble porteur. Dans le premier cas, l'appareil est fixé à la suspension de la benne, dans le second, à l'une des flasques du chariot.

Le principe des transporteurs par câbles, *système Otto-Pohlig*, est défini comme suit : entre les deux points extrêmes de chaque ligne ou tronçon de ligne sont tendus deux forts

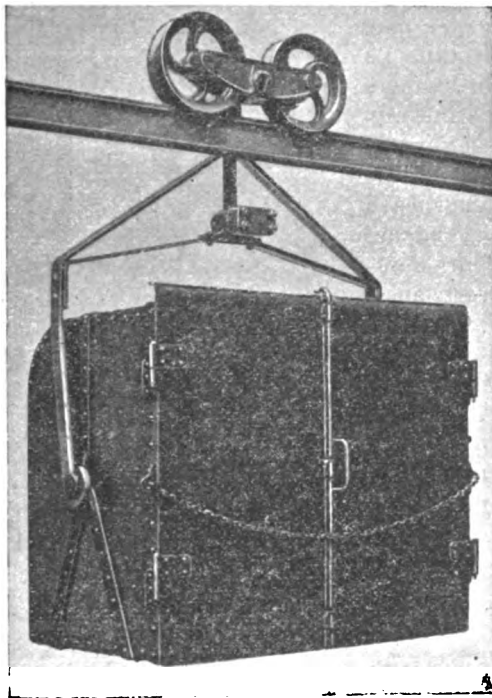


FIG. 221. — Wagonnet fermé.
(Type Ceretti et Tanfani.)

câbles métalliques ou câbles porteurs, formant la voie de roulement proprement dite des wagonnets.

L'un de ces câbles sert de voie d'aller, l'autre de voie de re-

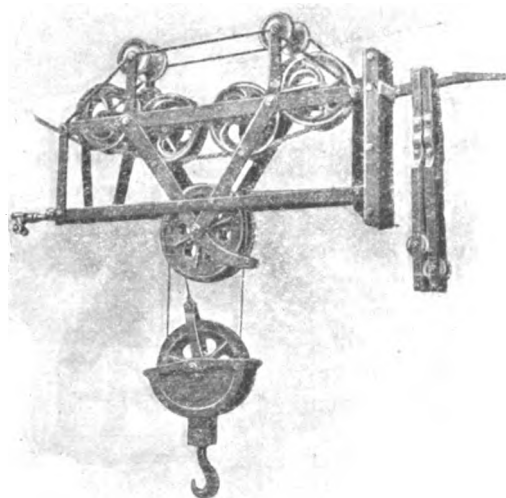


FIG. 222. — Chariot pour voie Blondin.
(Construction Ceretti et Tanfani.)

tour ; les wagonnets peuvent ainsi prendre sur chaque câble un mouvement continu toujours dans le même sens.

L'entraînement des wagonnets s'obtient par le mouvement même d'un câble tracteur, à marche ininterrompue, placé au-dessus des câbles porteurs et qui relie entre eux tous les

wagonnets à des espacements réglés pour chaque cas, suivant le tonnage à assurer. Au départ, le wagonnet est lancé sur la

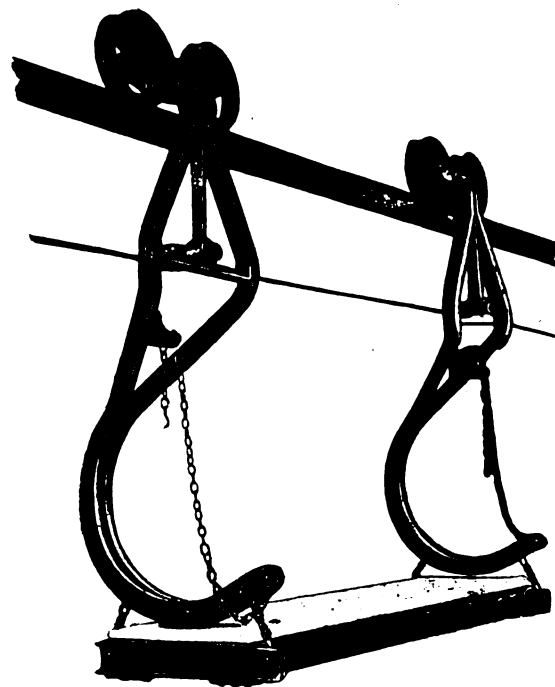


FIG. 223. — Wagonnet pour le transport simultané de bois et de colis de carton. (Système Ceretti et Tanfani.)

ligne en s'accouplant au câble tracteur au moyen d'un appareil spécial ; à l'œuvre, le wagonnet cesse de subir l'entraîne-

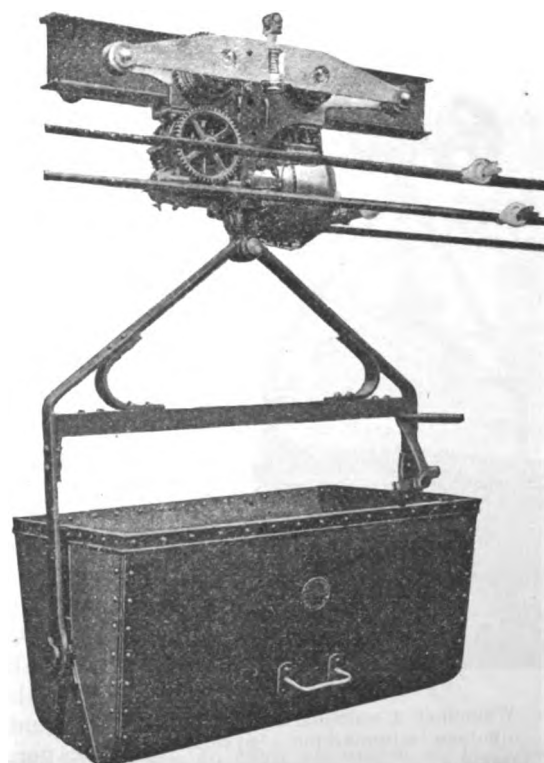


FIG. 224. — Wagonnet à « telpher ». (Système Ceretti et Tanfani.)

ment du câble tracteur, dès que le désaccouplement s'est produit.

Les deux câbles porteurs, placés à 2 mètres environ l'un de

l'autre, reposent sur des pylônes dont la hauteur varie d'après le profil du terrain. Ils sont interrompus de temps en temps sur le parcours des lignes pour permettre d'intercaler des tenseurs automatiques à contrepois régularisant leur tension. Le câble tracteur, sans fin, d'un diamètre plus faible que les

câbles porteurs, vient à chaque extrémité de la ligne, c'est-à-dire aux stations, s'enrouler sur des poulies horizontales ; il reçoit son mouvement de l'une de ces poulies.

L'appareil d'accouplement est à friction et a pour caractère particulier de permettre le serrage du câble tracteur sur de longues surfaces et en un quelconque de ses points, ce qui répartit l'usure d'une manière égale sur toute sa longueur ; la durée du câble se trouve ainsi prolongée. Le fonctionnement est automatique tant à l'accouplement qu'au désaccouplement.

Il repose sur le serrage du câble entre deux mâchoires dont le rapprochement s'opère par la rotation d'une vis à deux filetages en sens inverses, mais de pas très différents et de longueurs inégales.

FIG. 225. — Plate-forme tournante pour rails suspendus. (Système Ceretti et Tanfani.)

Cet appareil permet facilement le passage automatique des wagonnets autour de la poulie d'enroulement du câble tracteur aux angles ou aux extrémités de la ligne, on réalise de cette façon une notable économie du personnel.

Aux diverses stations, les câbles porteurs sont reliés à une voie fixe suspendue à 2 mètres au-dessus du plancher et sur laquelle les wagonnets sont roulés à la main. Cette voie est constituée par des rails soutenus en porte-à-faux par des consoles ; un aiguillage des plus simples permet aux wagonnets de passer très facilement

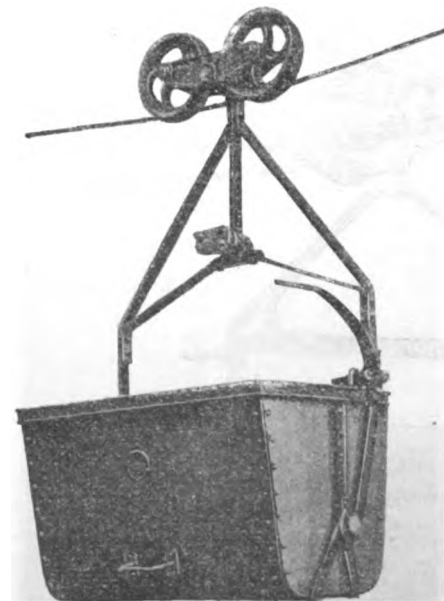


FIG. 226. — Wagonnet à caisson avec levier pour le culbutage automatique. (Système Ceretti et Tanfani.)

des rails sur les câbles porteurs et inversement.

Pour l'accouplement du wagonnet aérien au câble tracteur, dans le système Benrath, exploité par la maison Stuckenholtz, le poids du wagonnet et de sa charge agit sur une vis, de

façon à presser la mâchoire mobile de l'appareil contre la mâchoire fixe et à maintenir ainsi le câble tracteur entre les deux mâchoires avec une sécurité parfaite. La construction des deux mâchoires permet aux wagonnets aériens de franchir automatiquement des courbes à droite et à gauche, sans le secours d'ouvriers. Il sert aussi bien, que le câble tracteur soit placé au-dessus ou au-dessous de la voie de roulement.

L'ouverture de la griffe d'accouplement

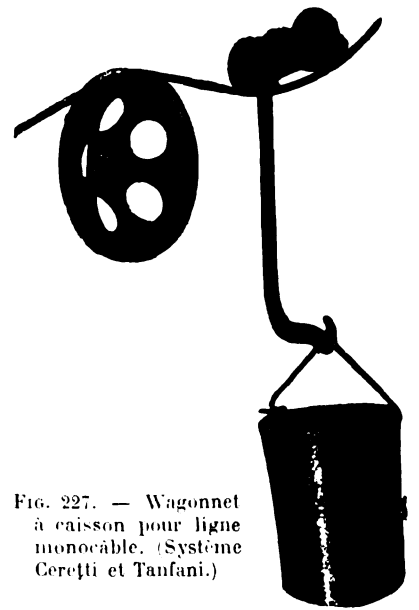


FIG. 227. — Wagonnet à caisson pour ligne monocable. (Système Ceretti et Tanfani.)

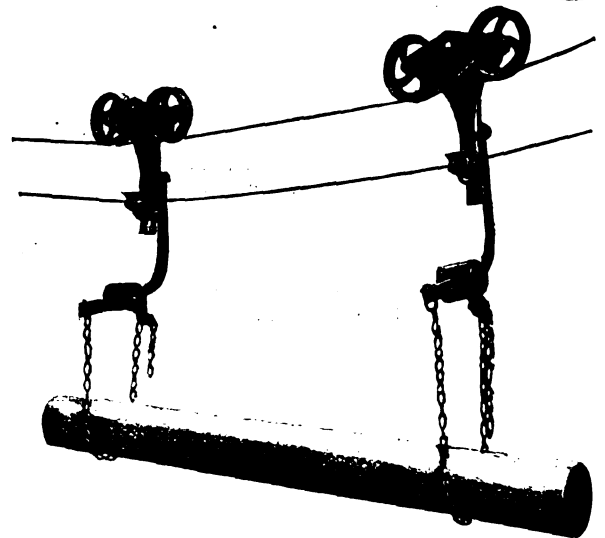


FIG. 228. — Wagonnet tandem pour le transport de longues pierres. (Système Ceretti et Tanfani.)

ment, soit dans le but de désaccoupler le wagonnet, soit pour introduire le câble tracteur dans la griffe, aux stations de chargement, se fait au moyen d'un levier sur le côté du chariot de roulement et pouvant osciller dans le plan vertical. En abaissant ce levier, les deux mâchoires s'écartent l'une de l'autre au moyen de guides appropriés et, pendant la durée de l'accouplement, les galets du chariot ne se trouvent pas déchargés.

L'appareil d'accouplement Neyret-Brenier est constitué par deux mâ-

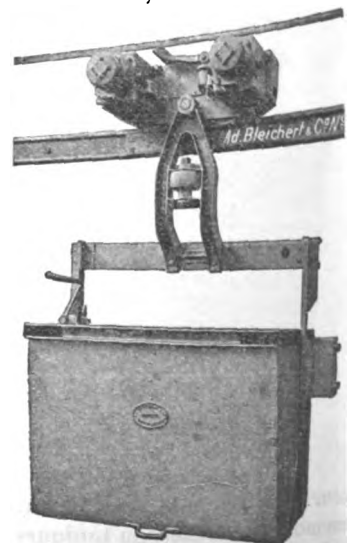


FIG. 229. — Wagonnet pour voie électrique suspendue. (Système Ad. Bleichert.)

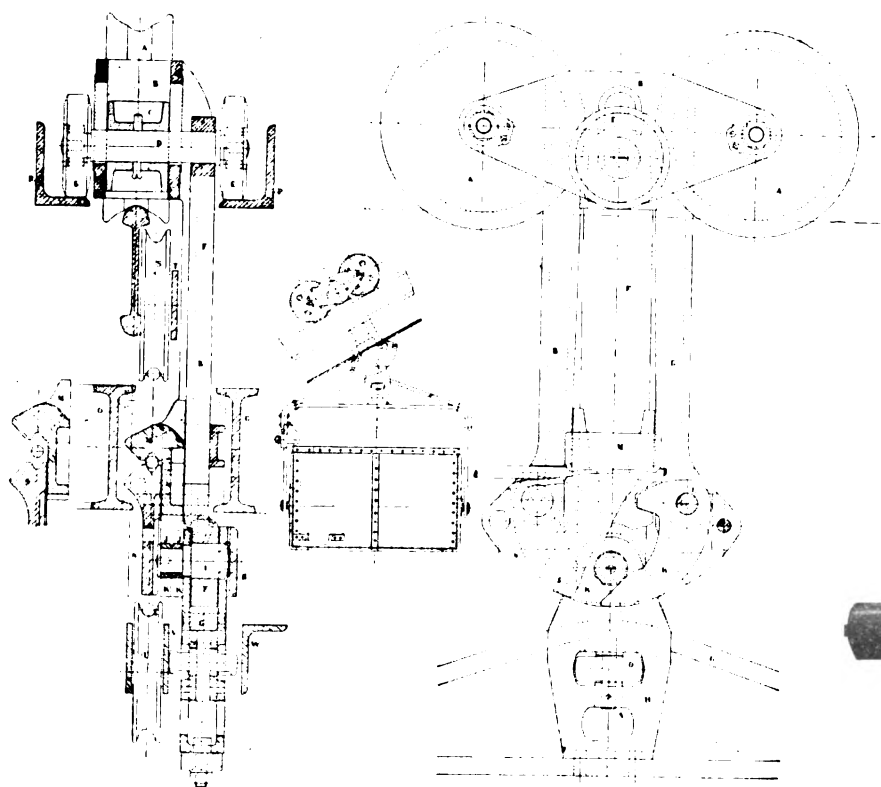


FIG. 230. — Wagonnet pour très fortes rampes avec câble tracteur. (Système Beer.)

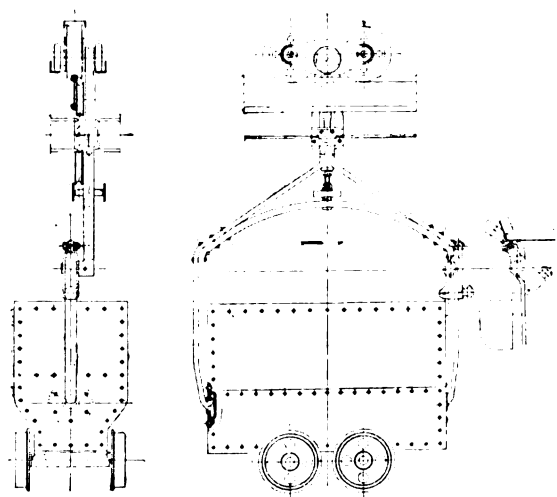


FIG. 231. — Wagonnet pour le transport des berlines de mines. (Système Beer.)

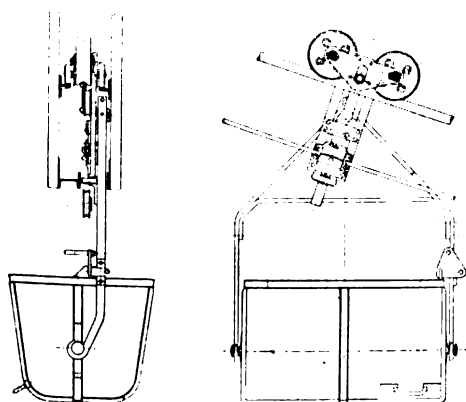


FIG. 232. — Wagonnet avec pincage automatique du câble tracteur en dessous des câbles porteurs. (Système Beer.)

choires, l'une fixe, l'autre mobile, entre lesquelles peut être fortement enserré le câble tracteur. Le serrage de la mâchoire mobile est commandé par une came, actionnée elle-même par un levier. Dans les appareils d'accouplement en dessous, le serrage est produit par un contre-

poids et dans ceux en dessus, par le poids même de la benne. Des butées convenablement placées à l'entrée et à la sortie des stations opèrent en ces points le desserrage ou le serrage de la mâchoire mobile et par suite l'enclenchement ou le déclenchement du wagonnet. Les appareils en dessus permettent le passage du câble tracteur sur les poulies, les wagonnets restant accouplés au câble. On les emploie dans le cas des stations automatiques où l'entraînement du wagonnet ne doit pas être interrompu.

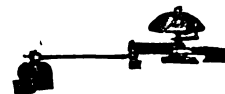


FIG. 233. — Indicateur de distance des wagonnets.

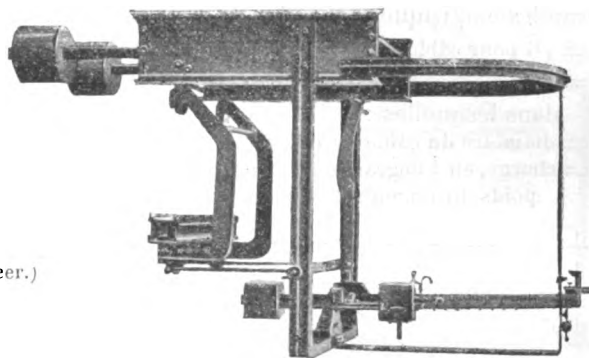


FIG. 234. — Balance pour rails suspendus sans interruption du rail. (Système Ceretti et Tanfani.)

Calcul des porteurs aériens. — Le coefficient de sûreté pour les câbles doit être pour les porteurs de 4 à 8, pour les tracteurs de 8 à 12.

Plusieurs considérations doivent être faites pour fixer le diamètre des câbles porteurs.

1. La portée maximum de la ligne détermine dans certains cas exclusivement la résistance nécessaire du câble porteur; on applique alors les formules :

$$H = \frac{L}{4f} \left(g \frac{L}{2} + P \right) \text{ pour charge unique,}$$

ou :

$$H = \frac{(g + p) L^2}{8f} \text{ pour charge répartie.}$$

H = tension, en kilogrammes, du câble porteur;

L = portée, en mètres, entre les 2 appuis;

f = flèche, en mètres, du câble au milieu de la portée (celle-ci est en général environ $\frac{1}{20}$ de L);

g = poids, en kilogrammes, du câble porteur au mètre courant;

p = poids, en kilogrammes, de la charge répartie sur un mètre;

P = — — — — — unique placée au milieu de la portée.

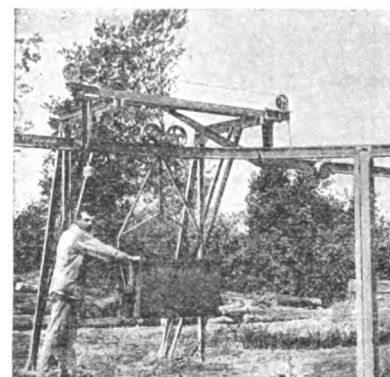


FIG. 235. — Aiguillage automatique. (Système Ceretti et Tanfani.)

II. La charge unitaire circulant sur la ligne détermine, dans certains cas, la dimension du câble porteur, moyennant les

d = diamètre du pivot de la poulie de la glissière, en mètres;
 D = — de la poulie de la glissière, en mètres;
 q = poids en kilogrammes du wagonnet vide;
 Q = — de la charge d'un wagonnet;
 L = longueur de la ligne, en mètres;
 g = poids au mètre du câble tracteur, en kilogrammes;
 n = nombre de wagonnets sur la ligne;
 a = coefficient de friction = 0,02 : 0,01;
 h = différence de niveau entre les points terminus de la ligne, en mètres.

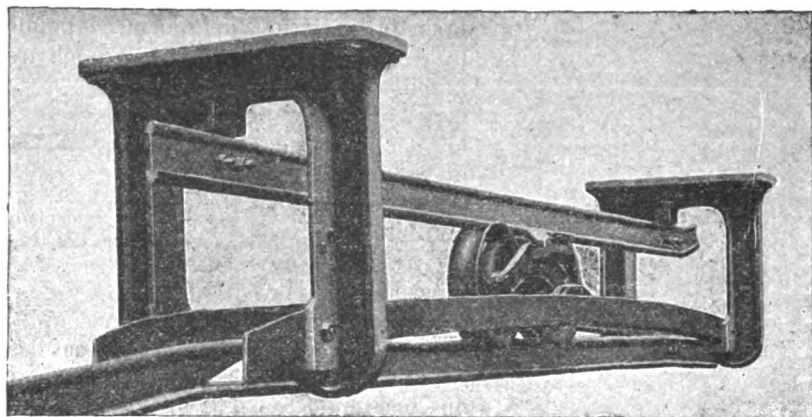


FIG. 236. — Dispositif d'accrochage ou de décrochage.

formules empiriques suivantes :

$d = \sqrt{G}$ pour câbles porteurs à spirales ;

$d = 0,9 \sqrt{G}$ — " clos " ;

dans lesquelles :

d = diamètre du câble en millimètres ;

G = charge, en kilogrammes, circulant sur le câble, équivalent au poids du wagonnet + charge utile + poids câble tracteur.

parabole (ligne qui correspond approximativement à une chaînette) ; les distances entre cette courbe et le terrain indiquent la hauteur des pylônes.

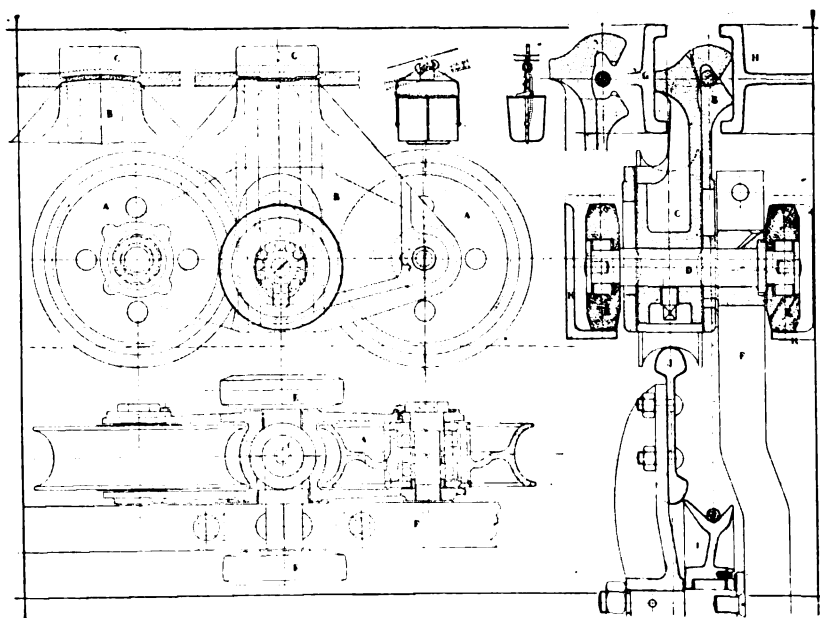


FIG. 237. — Accrochage plaçant le câble tracteur au-dessus du chariot.

Pour le câble tracteur, si la charge descend (ce cas est celui qui se présente le plus souvent dans la pratique), l'effort maximum S_2 du câble tracteur (fig. 241) sera calculé au moyen des formules suivantes : nous ne considérons que le côté chargé, qui est naturellement la partie où on aura les plus grands efforts :

$$S_2 = S_1 + \left\{ LG + \frac{n}{2} (q + Q) \right\} \frac{h}{L} - a \left\{ LG + (q + Q) \right\}$$

$$S_1 = \frac{S_0}{2} + f_p \frac{d}{D} (S_1 + S_2),$$

où :

S_1 = effort à la partie inférieure du câble côté chargé, en kilogrammes ;

S_0 = poids du caisson de la glissière, en kilogrammes ;

f_p = coefficient de friction du pivot = 0,015 : 0,01 ;

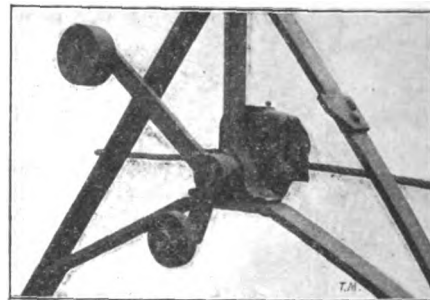


FIG. 238. — Appareil d'accouplement pour câble tracteur en dessous. (Système Neyret-Brenier.)

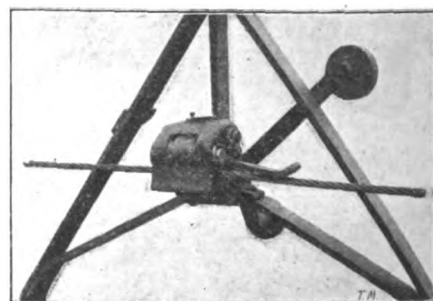


FIG. 239. — Appareil d'accouplement pour câble tracteur en dessous. Vue de la face antérieure. (Système Neyret-Brenier.)

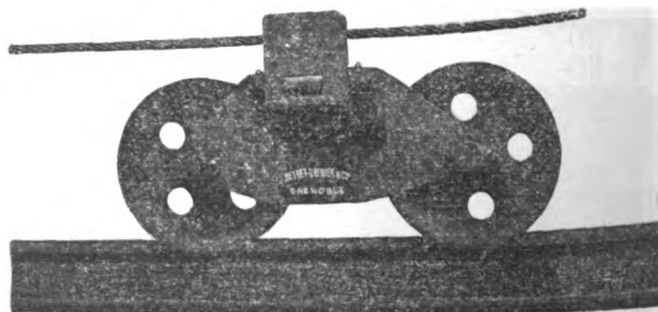


FIG. 240. — Appareil d'accouplement pour câble tracteur en dessus. (Système Neyret-Brenier.)

La flèche du câble non chargé (fig. 242) se calcule comme suit :

$$y = \frac{X \cdot X_1 \cdot g}{2H} \quad \text{ou :} \quad y = \frac{4f}{L_2} X \cdot X_1.$$

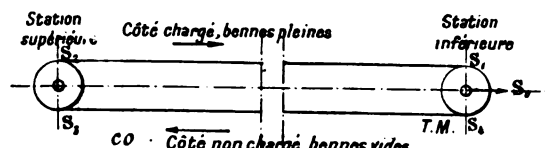


FIG. 241.

Cette formule sert à calculer y , quand f est connu ;

g = poids du câble par mètre, en kilogrammes ;
 H = effort de tension, en kilogrammes.

La flèche du câble chargé se calcule comme suit :

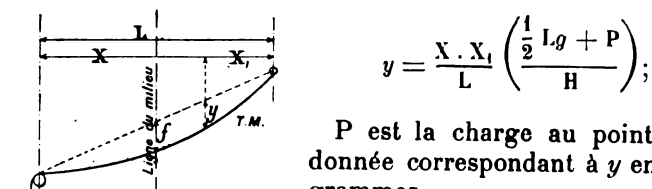


FIG. 242.

P est la charge au point d'ordonnée correspondant à y en kilogrammes.

Si de nombreux wagonnets se trouvent sur le câble, on répartit la charge de ceux-ci par mètre de

câble, g_1 , et l'on a alors :

$$y = \frac{X \cdot X_1 (g + g_1)}{2H}.$$

La formule ci-après donne le moyen d'évaluer la force motrice ou force à absorber par les freins :

$$F = a \left\{ 2gL + n \left(q + \frac{Q}{2} \right) \right\} \pm \frac{n}{2} Q \frac{h}{L}.$$

Cette formule donne en kilogrammes la force en question, que nous appelons F :

- $a = 0,02 \div 0,04$ (coefficient de friction) ;
- g = poids en kilogrammes du câble tracteur par mètre ;
- L = longueur de la ligne en mètres ;
- n = nombre total des wagonnets sur les 2 côtés de la ligne ;
- q = poids du wagonnet vide en kilogrammes ;
- Q = poids de la charge utile du wagonnet en kilogrammes ;
- h = différence de niveau entre les points terminus de la ligne, en mètres ;
- $+$ est employé pour la charge montante ;
- $-$ descendante.

En multipliant la force F par la vitesse de marche de la ligne, qui peut varier, dans les cas ordinaires, entre 1 et 3 mètres par seconde, on obtient les kilogrammètres en divisant par 75 la force en chevaux nécessaire pour faire marcher la

ligne ou la force qui doit être absorbée par les freins ou par le régulateur, si celui-ci est appliqué.

Il y a lieu de noter que les frictions à la

mise en marche d'une installation sont triples de celles en fonctionnement normal.

Le diamètre des molettes varie entre 1.200 et 1.500 fois le

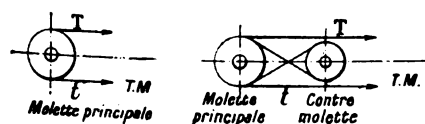


FIG. 243.

diamètre du fil élémentaire formant le câble tracteur qui passe sur celles-ci.

Si nous appelons T et t les deux tensions agissant sur une molette (fig. 243), nous aurons les proportions suivantes du nombre de gorges à adopter pour la molette en question :

	MOLETTE PRINCIPALE	CONTRE-MOLETTE
Sans cuir $1,4 \times t > T$	1 gorge	»
Avec cuir $1,7 \times t > T$	1 —	»
— $2,2 \times t > T$ (câble croisé)	1 —	»
— $4,0 \times t > T$	2 —	1 gorge
— $9,0 \times t > T$	3 —	2 —

Les deux tableaux ci-après que nous tirons des albums de la maison Ceretti et Tanfani, de Milan, renseignent sur les résistances des câbles, les forces en chevaux et les matériaux d'installation.

TABLEAU DES FORCES APPROXIMATIVES PAR KILOMÈTRE DE VOIE HORIZONTALE.

TRICABLE			MONOCABLE	
TONNES par heure	CONTENANCE wagonnets kilogrammes	CHEVAUX effectifs	CONTENANCE wagonnets kilogrammes	CHEVAUX effectifs
5	»	»	50	2 1/2
10	250	3	100	4
15	250	3 1/2	150	6
20	300	4	200	8 1/2
30	400	5	»	»
40	450	6	»	»
50	450	7	»	»
60	500	8 1/2	»	»
70	550	10	»	»
80	600	11	»	»
90	700	13	»	»
100	800	14	»	»

TABLEAU INDICANT APPROXIMATIVEMENT LE CUBE DES BOIS ET MAÇONNERIES ET LE TONNAGE DE FER POUR LES TYPES NORMAUX DES PYLONS DU SYSTÈME TRICABLE.

HAUTEUR EN MÈTRES	BOIS MÈTRES CUBES	FER KILOGRAMMES	MAÇONNERIE MÈTRES CUBES
5	2 1/2	1.000	2
7 1/2	3,7	1.300	2 1/2
10	4,3	1.650	3
12 1/2	5,3	1.900	5
15	7,0	2.050	5
17 1/2	8,0	2.600	8
20	10,0	3.000	8
25	14,0	4.000	9
30	20,0	6.000	10
40	»	10.000	12
50	»	15.000	15

REMARQUE. — Pour chaque mètre cube de bois, il faut compter 40-50 kilogrammes de boulons et ferraille ; les pylons en fer indiqués sont du type extra-fort ; pour un système monocable, on pourrait faire une économie de 10 à 20 0/0.

Au point de vue de la force motrice pour l'actionnement des transporteurs aériens, il y a lieu de distinguer entre les câbles automoteurs, qui ont constamment besoin de l'aide d'un moteur ; les câbles partiellement automoteurs, qui, après quelque temps de fonctionnement, quand les frottements de toute nature et la raideur ont été détruits par l'usage, n'ont besoin que momentanément de l'aide d'un moteur ; enfin les câbles constamment automoteurs, qui n'ont jamais besoin de

force motrice, mais qui néanmoins, sont munis d'un moteur de secours qu'on peut accoupler à la poulie de commande, dans le cas où l'on voudrait retirer les bennes de la ligne.

Le moteur destiné aux transporteurs à câbles non automoteurs doit fournir un couple énergétique au démarrage, pour vaincre les résistances de la ligne au départ et communiquer une accélération suffisante aux masses, souvent considérables, à mettre en mouvement. Le moteur à vapeur convient, à la condition de lui adjoindre un régulateur pour éviter de trop grands écarts de vitesse. Les moteurs à combustion interne exigent, outre le régulateur, un mécanisme d'embrayage progressif. En outre, ils ne peuvent pas dépasser, même pendant un temps très court, la puissance normale qu'ils peuvent fournir pendant une durée quelconque. Celle-ci devra donc être égale à la puissance instantanée la plus grande, prévue pour l'état de neuf. Au volant porté par le moteur et destiné principalement à parer aux variations de son couple, on peut adjoindre un autre volant plus puissant, relié à la poulie de commande par une transmission convenable, et destiné à régulariser le couple résistant de cette poulie.

Les turbines hydrauliques employées à cette commande devront être munies d'un régulateur de vitesse. En principe, il est avantageux de placer la poulie de commande en un point où la tension du tracteur soit assez grande, à l'effet de pouvoir obtenir l'adhérence voulue avec des enroulements relativement simples.

L'emploi des moteurs électriques est tout indiqué, si l'on dispose à proximité d'une distribution de courant continu ou alternatif. Dans le premier cas, un moteur shunt, dont la vitesse peut varier de 5 à 7 0/0 entre la pleine charge et la marche à vide, donnera une allure très régulière au câble. Le moteur asynchrone triphasé donne une bonne régularité de marche, et l'insertion de résistances sur les circuits du rotor permet d'obtenir un couple énergétique au démarrage. Ce même résultat est atteint avec le moteur à cage d'écureuil.

Les régulateurs hydrauliques peuvent donner automatiquement à un câble une vitesse de marche presque constante, et surtout permettre d'utiliser sa puissance disponible comme celle d'un moteur quelconque. On distingue les régulateurs à pompe rotative et les régulateurs à pompe centrifuge.

VOIES SUSPENDUES A TROLLEYS

Fonctionnement du transport. — Les inconvénients que présentent les voies de roulage à l'intérieur des ateliers, surtout quand il s'agit de transporter et de manipuler couramment des lourdes charges, sont tels que l'on s'est appliqué à perfectionner le transport en l'air pour pouvoir le généraliser de plus en plus. Non seulement il évite la complication des grues, monte-charges, ponts roulants et autres appareils coûteux, qui ne se meuvent que fort lentement, mais il permet encore, dans le travail de grosse forge, par exemple, où certaines pièces dépassent couramment le poids de 1.000 kilogrammes, d'opérer, sans la moindre difficulté, le va-et-vient des masses incandescentes du four au marteau-pilon et de réduire sérieusement la fatigue des ouvriers.

Ce genre de transport, appelé « telphéragé », a pris de nos jours un développement considérable, en raison du faible volume des moteurs électriques, des perfectionnements dont ils ont été l'objet et de la facilité avec laquelle on peut distribuer le courant électrique en tous les points d'une usine.

Les wagonnets roulent sur rails ou sur câbles ; on fait des courbes jusqu'à un mètre de rayon, des aiguillages, des croise-

ments, en un mot, tout ce qu'on peut faire sur une voie normale.

Quand les wagonnets circulent sur une voie fermée et toujours dans la même direction, on est en présence d'un *service en circuit*, et quand le rail est unique, c'est un *service de va-et-vient*.

Avec le service de va-et-vient, le wagonnet arrive au terme de sa course, renverse automatiquement sa marche et revient à son point de départ. Avec le service en circuit, la distance entre chaque wagonnet se trouve réglée automatiquement par un dispositif de blocage.

Le rail peut être simple, à double champignon, ou à voie double, c'est-à-dire avec quatre roues qui se déplacent sur les deux ailes inférieures d'un fer à double T.

Le premier système, c'est-à-dire la voie unique, convient pour le raccordement des voies suspendues à câble, et lorsqu'on est obligé d'avoir recours à un pont roulant, et, pour ce dernier cas, à cause de l'aiguillage qu'on doit pouvoir faire en chaque point des voies latérales avec le rail du pont roulant. Le système à voie double est utilisé dans presque tous les autres cas.

L'écartement des roues des wagonnets est tel qu'il permet de prendre une vitesse allant jusqu'à 2^m.50 par seconde ; il n'y a pas à craindre de chute des bennes et les collisions sont évitées par des systèmes de blocage.

Au moyen d'interrupteurs placés le long du parcours, on peut mettre en marche les wagonnets, et le déclenchement de ces interrupteurs peut être fait automatiquement.

Dans le cas où la marchandise doit être transportée à une certaine hauteur, on emploie un monte-charge, qui élève la benne même. Parfois on applique au chariot même un moteur spécial, dit de soulèvement, qui sert pour monter ou descendre la charge. Ce moteur est commandé soit par un interrupteur à la portée du personnel de service, soit par un mécanisme placé dans le wagonnet même et qui est mis en fonctionnement d'une façon automatique.

Ainsi on peut arriver à prendre la charge sur terre, faire manœuvrer le moteur de soulèvement ; la charge, en arrivant en haut, s'arrête et donne du courant aux moteurs de translation ; le wagonnet se met alors en marche horizontalement, en arrivant à l'endroit voulu, les moteurs du mouvement horizontal s'arrêtent et la charge descend.

Dans les réseaux fermés des rails suspendus, on tâche de maintenir toute la ligne sur un plan horizontal, et s'il y a lieu de franchir une différence de niveau, on le fait au moyen d'un système mécanique. Cette disposition permet d'avoir des moteurs légers et faibles sur les wagonnets. Cependant les rampes jusqu'à 6 0/0 n'exigent pas de dispositifs mécaniques spéciaux.

Les voies suspendues à trolleys sont applicables à n'importe quel genre de transport : dans les usines, fabriques de produits chimiques, hauts fourneaux, usines à gaz, verreries, sucreries, laminoirs, fabriques de ciments, carrières, ports, magasins, ateliers de construction, etc., etc.

Les rails suspendus sont installés à une hauteur qui puisse laisser un passage libre au-dessous d'eux. Tous les 3 à 5 mètres, ils sont soutenus par des consoles en fer, fonte ou bois ; ils se prêtent à des courbes de rayons très faibles et comportent des aiguillages à main et automatiques, des plaques tournantes, comme les voies terrestres.

Les chariots qui circulent sur ces rails se composent essentiellement de deux roues à gorges réunies par une flasque en acier, supportant la suspension en fer forgé qui se termine soit par une benne, soit par une plate-forme, sur laquelle on pose les matières à transporter : sacs, paniers, tonneaux.

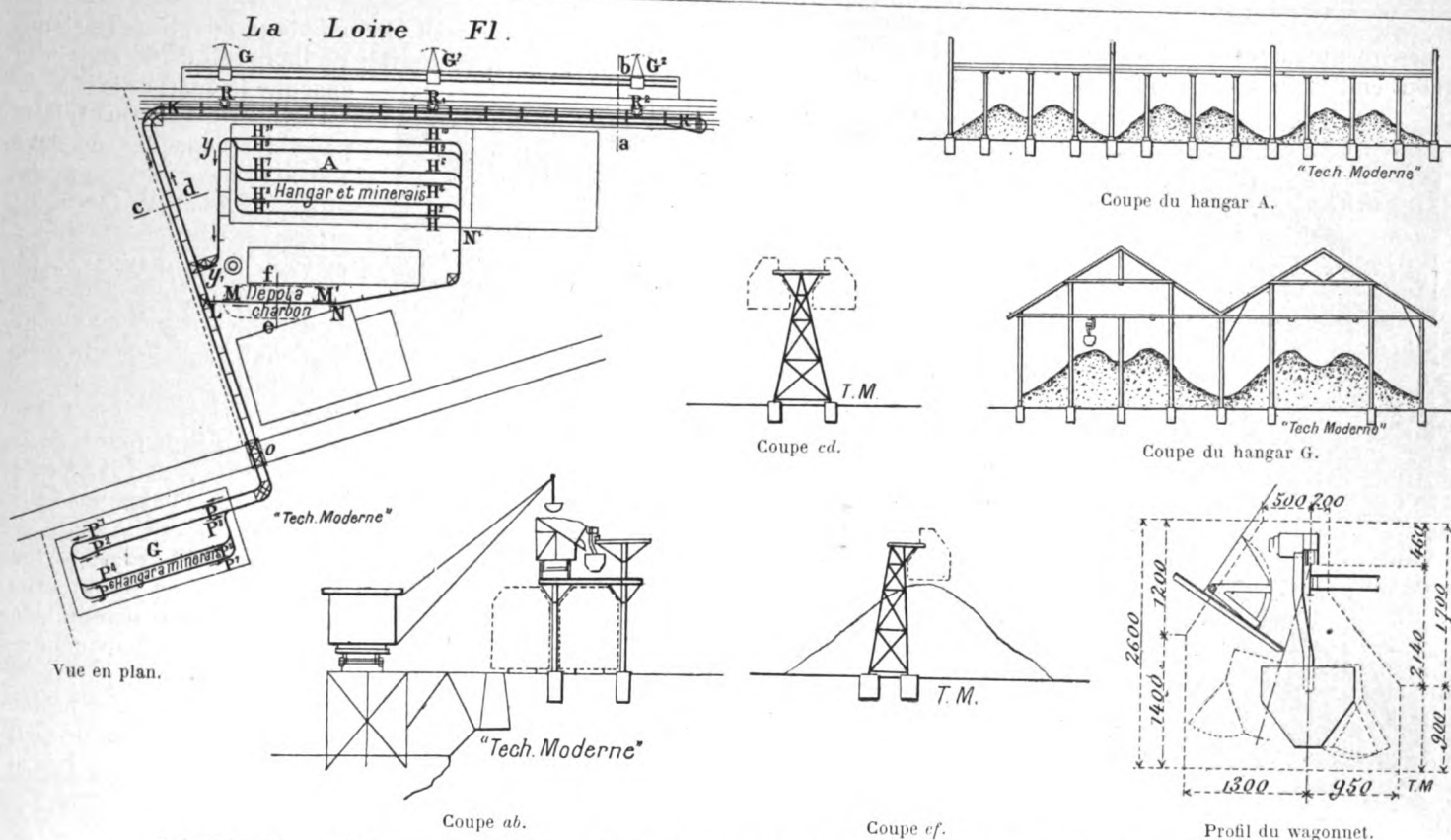


FIG. 244 à 250. — Voie suspendue électrique. Déchargement des charbons et des pyrites en Loire. (Système Bleichert.)

caisses, etc. Leur vitesse est en général de 1 à 2 mètres à la seconde.

Transporteurs monorails. — Les voies de ces engins sont constituées par des rails de diverses formes, qui déterminent des moyens de transport très pratiques pour les usines. Le roulage peut se faire à la main; mais, pour les installations de grande longueur en ligne droite, l'emploi d'un câble tracteur rend de grands services.

L'automatisme des manœuvres d'accouplement et de désaccouplement des wagonnets est telle que la volonté de l'ouvrier n'intervient en aucune façon. La seule main-d'œuvre nécessaire est celle du chargement et du déchargement des wagonnets et de leur roulage sur les voies suspendues des stations.

Avec roulements ordinaires, un manœuvre poussant sur la charge peut rouler 1.000 kilogrammes sans fatigue. L'application des paliers à billes permet de rouler facilement une charge double à la vitesse d'un homme au pas.

Dans les installations mues par un moteur, le mouvement étant continu, il n'est besoin d'aucun mécanicien pour conduire l'installation.

Les voies monorails ont sur les voies de chemins de fer ordinaires les avantages suivants : encombrement plus réduit, utilisation appropriée à une configuration quelconque du sol, franchissement des pentes jusqu'à 1 : 1 et faible consommation d'énergie.

Le rail est un fer plat arrondi à la partie supérieure, ou un rail à double champignon, ou des fers à I dont l'âme inférieure forme le chemin de roulement. Pour le calcul de résistance, on considère le rail comme une poutre supportée en deux points. Les voies peuvent être bifurquées et commandées par aiguilles réunies entre elles, et celles-ci construites de façon qu'il n'y ait aucune interruption sur la ligne principale. On emploie des aiguilles à rampe dont les systèmes sont assez nombreux.

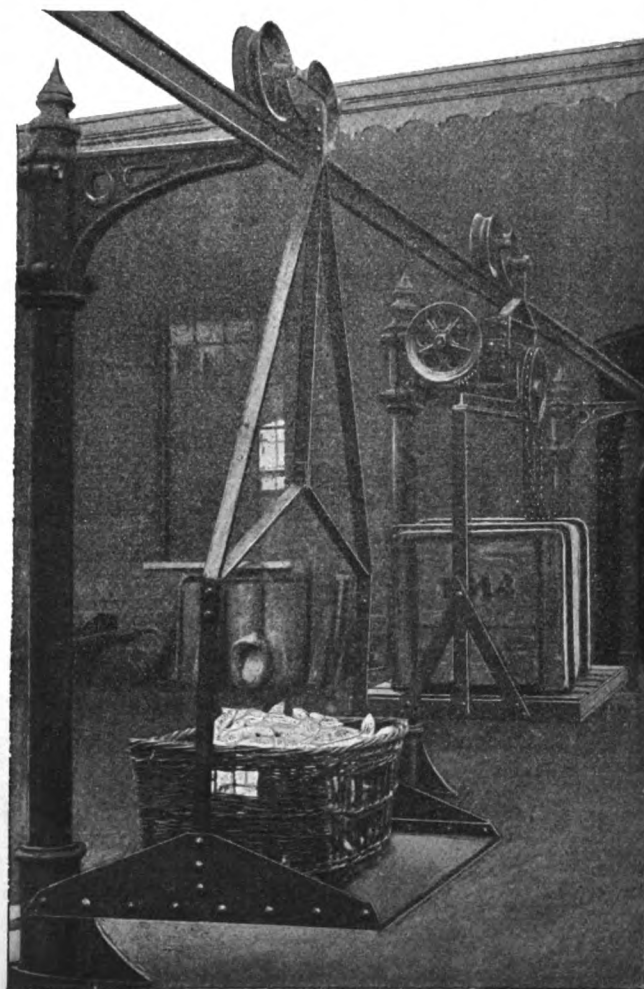


FIG. 251. — Installation de rails suspendus dans une cour, avec wagonnet à plate-forme et à palan.

Les voies monorails **système Brown** se composent de poutrelles en I fixées à la charpente ou au plafond des bâtiments,

l'uniformité du roulement. Le montage adopté permet aux roues de suivre les irrégularités du monorail et de supporter chacune le quart de la charge.

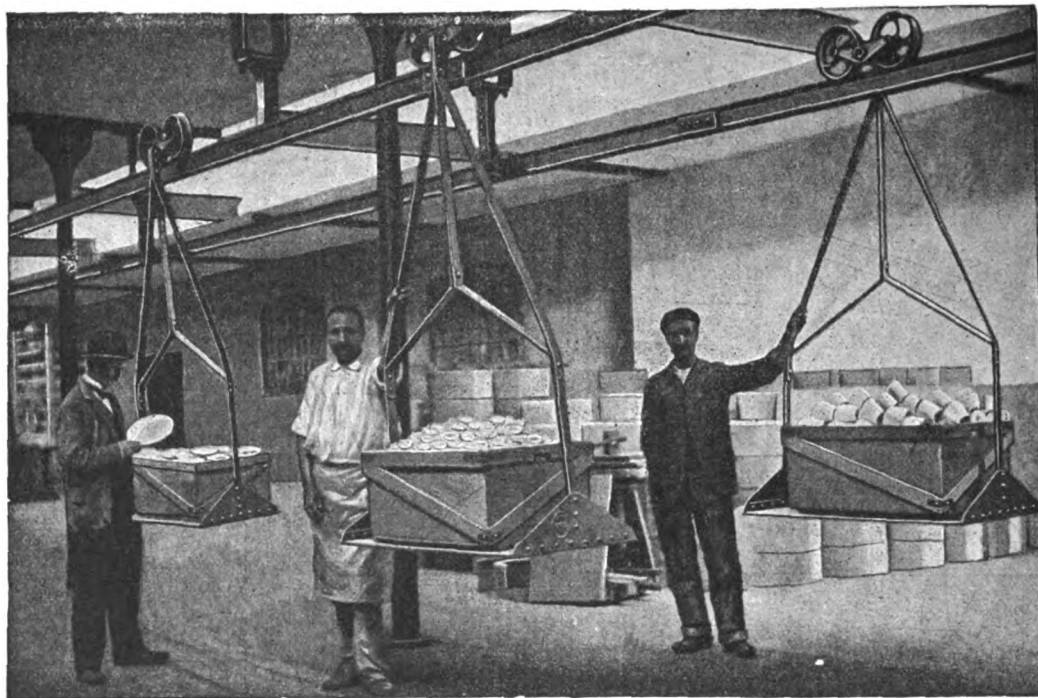


FIG. 252. — Installation de rails suspendus dans une fabrique de porcelaine.

raccordées par des aiguilles ou des plaques tournantes, et sur ces poutrelles roulent des chariots auxquels sont suspendus soit des palans, soit des chaînes à crochets pour transporter les pièces.

Le montage du fer de roulement à I a lieu sur une solive en bois, au moyen d'un étrier et boulon à clavette, et sur une solive en fer, à l'aide d'une chaise en fonte.

Les longueurs des aiguilles varient de 1^m,30 à 3^m,60, suivant la capacité, et les diamètres des plaques tournantes de 0^m,30 à 0^m,90. Ces engins sont commandés du sol à l'aide de chaînes de manœuvre et sont pourvus d'un dispositif de sûreté, immobilisant le chariot pendant la manœuvre.

Le bâti des chariots est constitué par des plaques de tôle d'acier réunies par des entretoises. Les roues tournent avec leurs axes d'acier ; ces derniers reposent dans des portées à rattrapage de jeu et pourvues de graisseurs automatiques dont les réservoirs peuvent contenir de l'huile pour environ six mois. Les roues sont d'un diamètre maximum presque aussi grand que la hauteur de la poutrelle de roulement, en vue de la douceur et de

par la combinaison des extrémités des poutres de roulement, convenablement sectionnées et façonnées en pointes de

cœur. Il en résulte qu'en un seul et même point peuvent se faire, à la fois, plusieurs changements de voie. De plus, les faces supérieures des fers de roulement présentent des surfaces continues pour le passage sans choc des galets de roulement des chariots.

Ceux-ci portent une tige de suspension passant entre les deux fers jumeaux, à laquelle s'accroche la charge ou le palan qui la supporte, le point de suspension pouvant être reporté plus haut que dans les systèmes monorails à double I. Montés sur galets munis de roulements à billes, ils sont pourvus sur le côté de petits galets de guidage, évitant tout balancement de la charge ; suffisamment lestés pour ne jamais se soulever de leurs chemins de roulement, ils s'inscrivent dans les courbes les plus raides. Enfin ils sont éga-

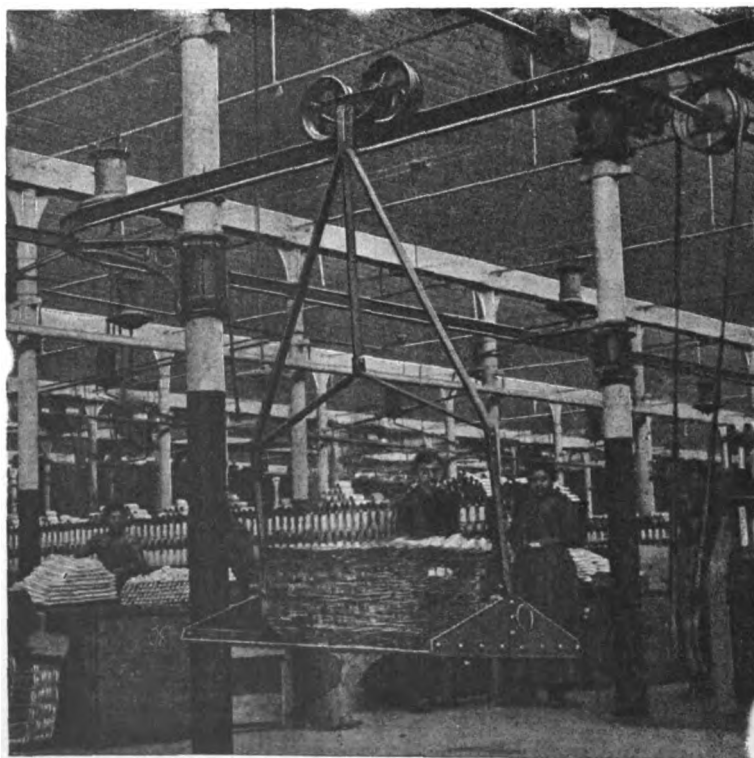


FIG. 253. — Installation de rails suspendus, avec chariots à plateaux dans une fabrique.

lement munis, à l'avant et à l'arrière, d'un éperon central taillé en biseau qui s'engage sur l'une ou l'autre voie, aux croisements, par le simple effet d'une pression correspon-

dant au sens de marche désirée et exercée du sol, sur la tige de suspension.

Dans le **système Tourtellier** les voies suspendues comportent un chemin, de roulement formé de rails constitués par une seule feuille de tôle d'acier emboutie de 2^{mm},5 d'épaisseur, où le trolley se trouve emprisonné et court dans les deux rainures inférieures, de sorte que tout déraillement est impossible (fig. 261 à 264).

Ce chemin de roulement se monte facilement soit à l'intérieur des bâtiments contre des colonnes existantes, contre les plafonds, contre les toitures, etc., soit dans des cours,

dans des chemins, dans des chantiers, au moyen de montants en fer extrêmement simples.

Les suspensions estampées en tôle d'acier peuvent être fixées soit à des fers à I, soit à des solives en bois (fig. 262-263); les points de suspension sont très rapprochés pour donner à l'en-

semble une solidité remarquable : la portée est généralement de 1^m,500 et les rails peuvent alors recevoir jusqu'à 300 kilo-

grammes de charge; quand la charge doit être plus importante, on intercale tout simplement un ou deux supports de suspension sans rien changer au profil ni à la longueur des rails; par contre, quand les charges ne doivent pas dépasser 130 kilos, toujours sans changer le profil, on porte la lon-

gueur des rails à 2^m,500 et 3^m,500; on supprime même les poutrelles de suspension : les rails portent à chaque extrémité des brides d'assemblage en acier coulé, rivées à la façon des brides de tuyaux, ce qui permet de les boulonner ensemble sur la longueur de la voie à établir et de les fixer directement

au plafond au moyen de suspensions distantes de 3^m,500 et plus ; le balancement éventuel des rails est empêché par la tension de câbles latéraux fixés soit au plafond, soit aux murs, soit aux piliers ou aux colonnes (fig. 264).

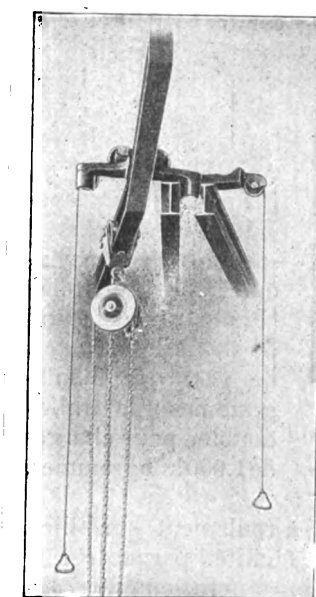


Fig. 258. — Transporteur monorail. Aiguille double. (Système Brown.)

commander l'aiguillage, d'agir en même temps sur les deux chaînes pour vaincre la résistance des ressorts qui commandent les doigts pénétrant dans des encoches correspondantes et d'appuyer, alors fortement sur l'une ou sur l'autre des chaînettes pour vaincre la résistance de l'aiguille au frottement et la déplacer. Deux équerres rivées du côté de la commande ont pour objet d'obstruer les voies non aiguillées.

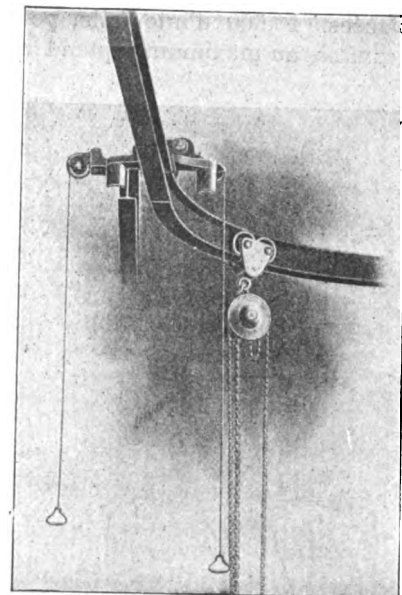


Fig. 257. — Transporteur monorail. Aiguille simple. (Système Brown.)

les nervures des suspensions s'engagent les ergots des extrémités des rails, pour empêcher toute dislocation de la voie et lui assurer une très grande rigidité.

Les courbes ont fait l'objet d'études spéciales au point de vue du calibrage et de l'établissement; elles ont généralement 1^m,900 de rayon et sont fixées à des poutrelles courbées au même rayon. L'aiguillage se commande avec la plus grande facilité et la plus grande sûreté : l'aiguille a un support à pivot à l'une de ses extrémités et glisse dans un coulisseau qui la supporte du côté de la commande. Il suffit, pour

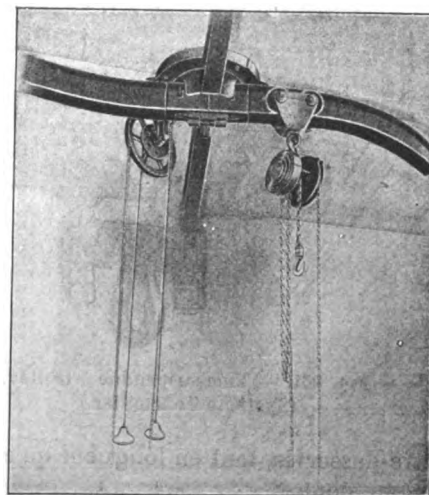


Fig. 259. — Transporteur monorail. Plaque tournante. (Système Brown.)

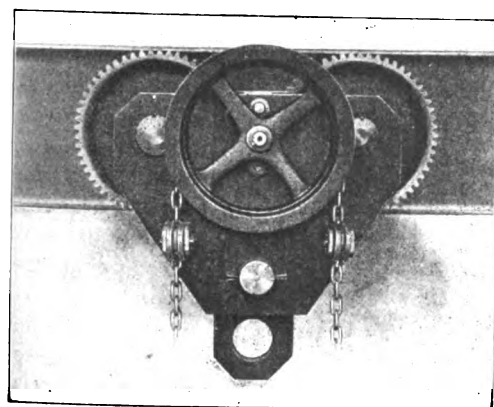


Fig. 255. — Transporteur monorail. Chariot à engrenages. (Système Brown.)

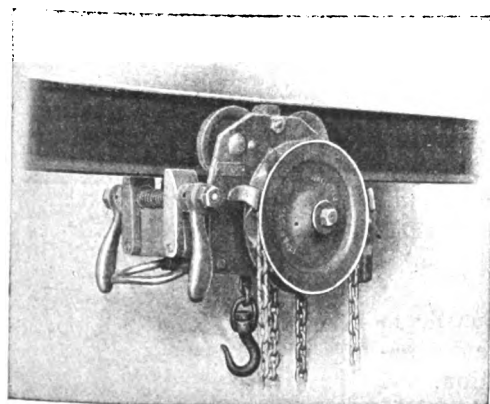


Fig. 256. — Transporteur monorail. Trolley type marine. (Système Brown.)

gueur des rails à 2^m,500 et 3^m,500; on supprime même les poutrelles de suspension : les rails portent à chaque extrémité des brides d'assemblage en acier coulé, rivées à la façon des brides de tuyaux, ce qui permet de les boulonner ensemble sur la longueur de la voie à établir et de les fixer directement

La voie dans son ensemble est très légère : elle ne pèse pas plus de 6^{kg},500 par mètre courant, compris les suspensions placées à 1^m,500 d'intervalle, pour des charges de 300 kilogrammes au maximum ; quand les charges peuvent atteindre

1.000 kilogrammes, les suspensions se rapprochent à 750 millimètres et le poids de la voie ne dépasse pas 7^{kg},500.

Les trolleys, montés sur rouleaux trempés, ont un roulement extrêmement doux. Un palan ou moufle complète, si l'on veut, le système, permettant de soulever la charge à hauteur voulue, de la transporter rapidement en n'importe quel point de la voie et de la faire redescendre à volonté, sans fatigue et avec la plus grande rapidité. Pour de lourdes charges, les trolleys sont accouplés par deux ou par quatre, de manière que la charge soit répartie sur chaque galet. Le trolley simple, pour charges de 300 kilogrammes, ne pèse que 6 kilogrammes ; le trolley double, pour charges de 1.000 kilogrammes,

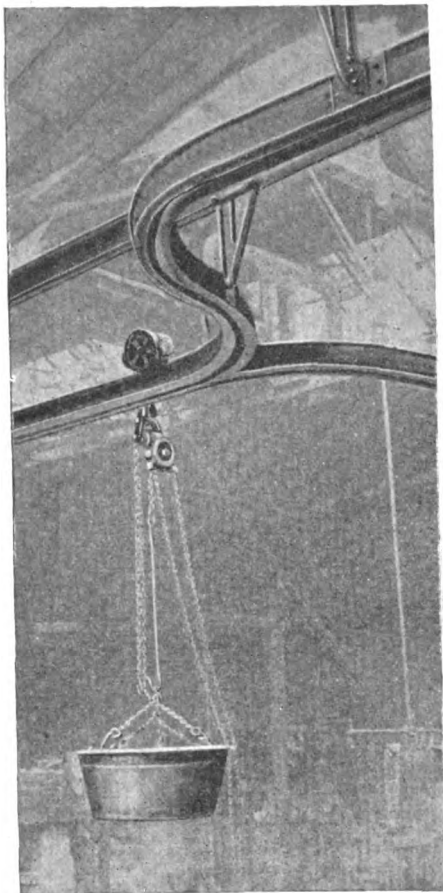


FIG. 260. — Aiguillage de voie « passe-partout ».

pèse environ 15 kilogrammes.

Des plaques tournantes brevetées, à roulement sur billes, commandées du sol avec précision et facilité, permettent le croisement d'équerre de deux voies ; une disposition spéciale de ces plaques tournantes permet d'employer un type de pont roulant pouvant desservir un hall, un atelier ou un magasin, dans n'importe quel sens, au moyen d'une série de voies parallèles dont les différents champs peuvent

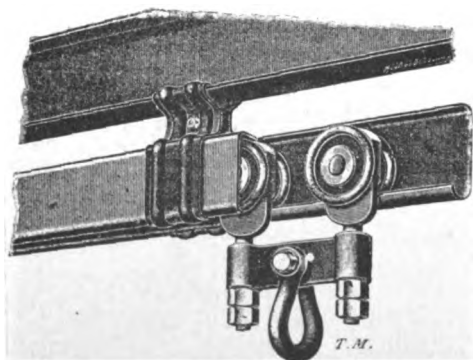


FIG. 261. — Voie suspendue à trolley. (Système Tourtellier.)

être desservis, tant en longueur qu'en largeur, par un seul et même pont.

Transporteurs à godets monorails. — Ce système trouve son application notamment pour le transport du charbon dans les salles de chaudières et dans les usines métallurgiques. La matière est transportée sans subir de transbordement ni de

secousses et par conséquent est très ménagée. Dans le système Ad. Bleichert, les godets sont suspendus des deux côtés de la file de rails, disposition qui permet de réduire considérablement la quantité de puissance absorbée ainsi que l'usure, car tous les coincages, qui se produisent habituellement par suite des différences dans la longueur des maillons de la chaîne, sont supprimés. D'autre part, la chaîne peut se tourner sur un tronçon vertical, permettant ainsi de continuer en haut le transport dans toute autre direction. Les godets se suivent sans laisser aucun vide entre eux, ce qui facilite énormément le remplissage de la matière, opération qui nécessitait auparavant des dispositifs compliqués.

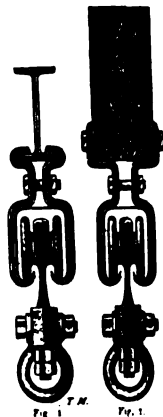


FIG. 262 et 263. — Voie suspendue à trolley. (Système Tourtellier.)

Types d'installations de voies suspendues électriques. — L'amenée du courant au chariot se fait par l'intermédiaire d'un ou plusieurs fils de ligne tendus parallèlement au rail suspendu et sur lesquels viennent s'appuyer les frotteurs-archets ou frotteurs ordinaires. Lorsque cela est possible on utilise comme conducteur le rail convenablement eclissé au point de vue électrique.

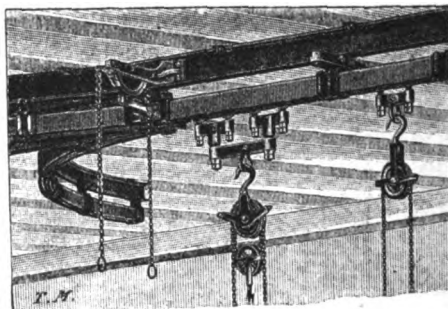


FIG. 264. — Voie suspendue à trolley. (Système Tourtellier.)

Dans le cas d'une circulation très active de marchandises, on peut combiner aux rails suspendus un câble de traction qui passe au-dessus des rails et qui, dans son mouvement con-

tinu, entraîne les chariots au-dessous.

La maison Bleichert réalise ses voies suspendues électriques (fig. 263 à 269) de trois façons :

1° La voie est avec **simple mécanisme de translation** à commande électrique, employée de préférence pour effectuer les transports sur lignes en palier, ou sur deux rampes normales. Si des voies se trouvent situées à des niveaux différents, on les relie entre elles par des monte-charges ;

2° La voie, en plus de la commande électrique du mécanisme de translation, est pourvue d'un **treuil électrique** (fig. 267 et 268). Cette disposition est tout indiquée pour le chargement de bateaux, de wagons de chemins de fer et pour le service des ports.

Pour la commande à distance de la manœuvre du treuil, le cylindre de commutation est placé dans le chariot de roulement et est actionné, au moyen d'un déclic, par un moteur



FIG. 265. — Dispositif d'un transporteur suspendu. (Système Ad. Bleichert.)

électrique. L'aimant est relié à un conducteur à frottement spécial qui est mis en circuit, à l'aide d'un manipulateur, par l'ouvrier, lequel fait tourner ainsi le cylindre à la position

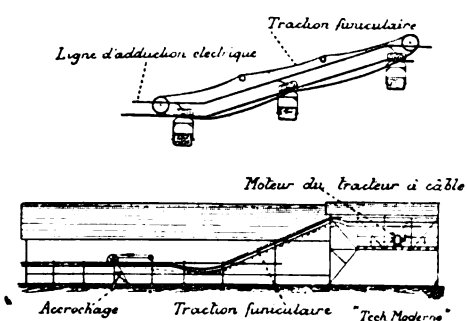


FIG. 266. — Disposition de la traction funiculaire pour transporteurs suspendus. (Système Ad. Bleichert.)

tous les wagonnets, sans qu'il soit nécessaire de placer à ce point plus d'une canalisation auxiliaire. L'appareil de commande des manœuvres est transportable, de sorte qu'il peut être utilisé en tout point de la ligne.

3° La voie, outre la commande électrique de translation, est munie d'un appareil d'accouplement automatique pour **câble tracteur**. Cette combinaison est propre aux transports des matières, lorsque les différences de niveau sont trop grandes, comme c'est le cas

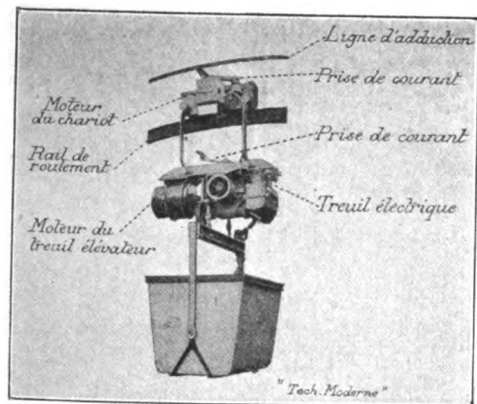


FIG. 267. — Dispositif d'un wagonnet suspendu avec treuil électrique. (Système Ad. Bleichert.)

pour l'alimentation des hauts fourneaux.

Chaque wagonnet a une **commande spéciale électrique**.

Lorsqu'un wagonnet atteint la distance minimum qui doit le séparer du wagonnet précédent, il s'arrête de lui-même et ne reprend sa course, toujours automatiquement, que lorsque la distance normale a été établie. Il en est de même aux aiguillages et aux croisements; chaque wagonnet s'arrête automatiquement, en maintenant la distance prévue, jusqu'à ce que celui qui le précède ait entièrement effectué le passage de ces endroits; afin de permettre aux wagonnets les mouvements de levage et de descente, cette maison emploie un appareil de commande magnétique automatique, et lorsque les wagonnets ont à gravir de fortes rampes, ils s'accouplent d'eux-mêmes à un câble qui les hale jusqu'au sommet de la voie inclinée, où ils se détachent d'une façon automatique.

Pour le système de blocage automatique, la canalisation est divisée en tronçons isolés alimentés par un conducteur électrique commun. Lorsqu'un wagonnet passe d'un tronçon sur le suivant, il coupe le courant du tronçon qu'il vient de quitter, de sorte que le wagonnet suivant est obligé de s'arrêter et ne reprend sa marche automatiquement que lorsque le wagonnet précédent est passé sur un autre tronçon. Il se trouve ainsi toujours un tronçon sans courant entre deux wagonnets. Ce qui est important surtout, c'est que toutes les commutations se fassent mécaniquement sans l'aide d'électro-aimants; de cette manière le fonctionnement ne peut jamais être défectueux et offre la plus grande sécurité.

En résumé, on peut arrêter les wagonnets automatiquement à l'endroit de chargement, les remplir automatiquement, enregistrer automatiquement le poids de chaque chargement et enfin vider automatiquement les wagonnets à n'importe quel point de déchargement.

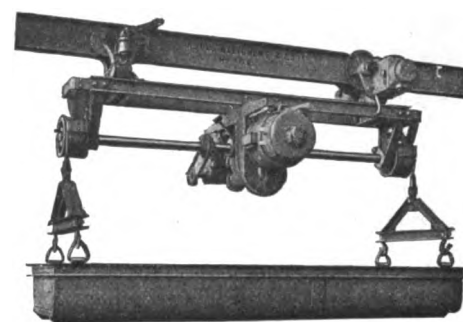


FIG. 268. — Wagonnet électrique avec treuil pour le transport du fer en barres. (Construction Ad. Bleichert.)

Nous représentons dans les figures 270 à 271 un dispositif analogue réalisé par la maison Neyret-Brenier.

On peut avoir besoin, pour des raisons de service quelconques ou pour des raisons de sécurité, de **ralentir la vitesse du wagon de transport** à certains points du trajet. Par exemple, il est avantageux de diminuer la vitesse de marche au passage des courbes, afin de réduire la force tangentielle, ou lorsqu'on passe aux points de déchargement. D'autre part, au moment du démarrage, surtout quand les vitesses de marche sont considérables et que le coupleur est monté sur le chariot, il est dangereux, pour l'employé desservant, de faire tourner le coupleur jusqu'au dernier plot, pour lequel toutes les résistances de démarrage sont complètement mises hors

circuit, car il peut se produire facilement des accidents. C'est ainsi qu'on a proposé de diminuer automatiquement la vitesse des chemins de fer électriques, suspendus au moment du passage des courbes, en intercalant une résistance devant le moteur. Dans les installations de ce genre connues jusqu'ici, il faut, à chaque point du parcours où il est nécessaire de ralentir la vitesse, disposer des résistances, ce qui complique l'installation outre mesure et la rend plus dispendieuse.

Le dispositif que nous signalons, construit par la Benrather Maschinenfabrik, A. G., a l'avantage de ne nécessiter sur le véhicule lui-même qu'une seule résistance pour remplir le but que l'on a en vue. Comme l'indique la figure 274, qui repré-

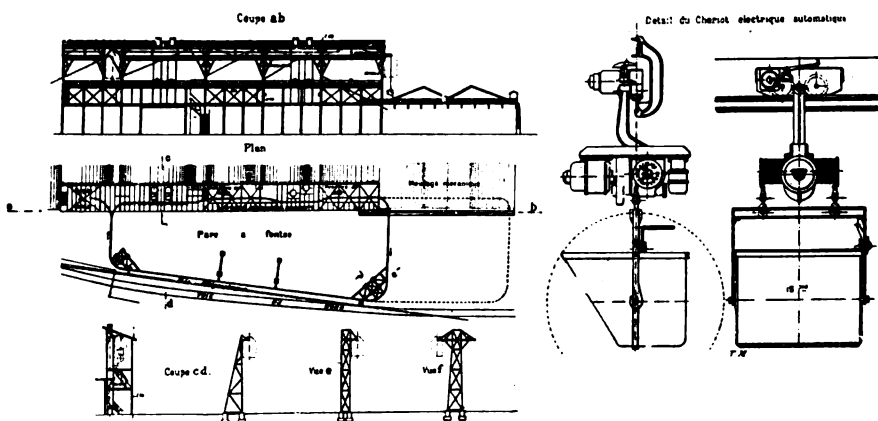


FIG. 269. — Voie suspendue électrique automatique pour le transport de fonte, coke et sable. (Système Ad. Bleichert.)

sente en plan un chariot *k* actionné par du courant continu, le câble marqué + du conducteur d'alimentation possède, aux

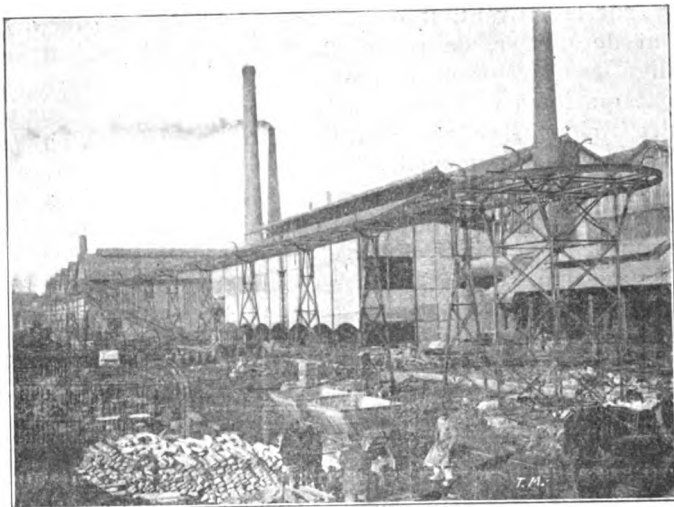


FIG. 270. — Voie suspendue électrique dans la cour d'une usine métallurgique. (Construction Neyret-Brenier.)

points de déchargement ou dans les courbes, plusieurs tronçons, par exemple trois, placés l'un à côté de l'autre et réunis

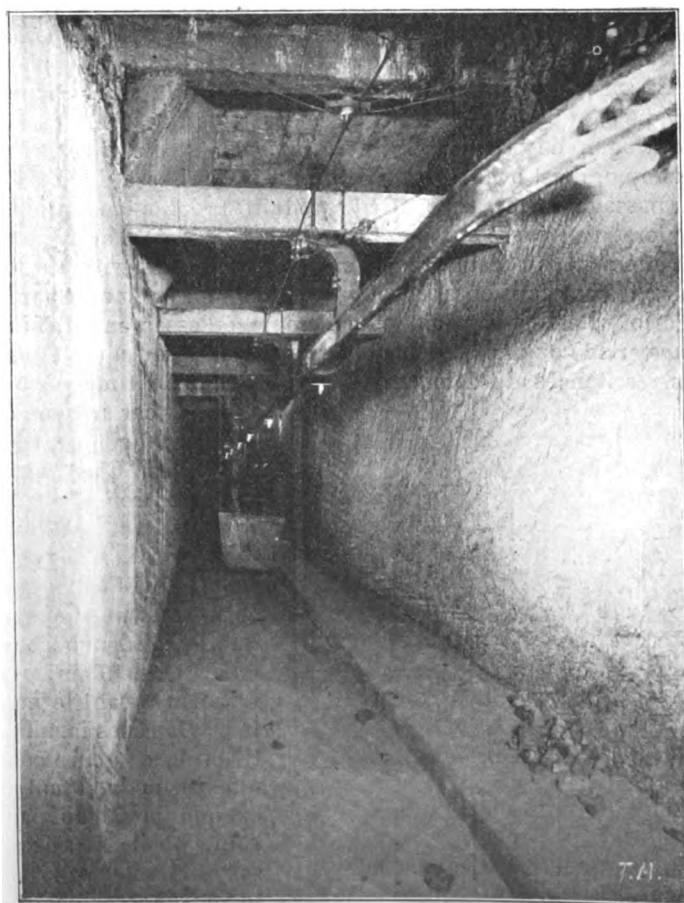


FIG. 271. — Voie suspendue électrique pour transport de minéral. (Construction Neyret-Brenier.)

électriquement. Pour ces trois tronçons, on a prévu des appareils de prise de courant *abc*, auxquels s'ajoutent encore *d* et *e*

qui appuient sur le conde étant en pleine voie *e*, servant à assurer la communication avec le conducteur de retour. Les prises de courant *abcd* sont raccordées en *i*, *h*, *g* et *f* avec le rhéostat de démarrage du moteur. Or, si après le chargement du chariot, le coupleur de celui-ci est mis sur le plot de marche en avant, le chariot de marche *k* se déplace dans le sens indiqué par la flèche. Dans la position indiquée par le dessin, il faut que le courant du moteur traverse toute la résistance, tandis que, lorsqu'on continue à avancer, la résistance doit être mise hors circuit petit à petit, comme on peut s'en rendre compte, jusqu'à ce que finalement la résistance soit complètement hors circuit quand les trois archets extrêmes ne touchent plus le fil, mais seulement *d* et *e*. Dans le sens de marche opposé, la résistance s'intercalerait progressivement pour réduire la vitesse de marche. Pour éviter la formation d'étincelles nuisibles sur le collecteur du moteur, l'extrémité de l'un des tronçons est placée après le commencement du tronçon voisin, de sorte que l'un des archets n'a abandonné son tronçon que lorsque l'archet voisin s'est déjà engagé sur son propre tronçon.

L'appareil **Standard** de la maison Ceretti et Tanfani, de Milan (*fig. 275 à 279*), repose sur le même principe que l'appareil de friction, en ce sens que le câble tracteur est serré entre deux mâchoires qui se rapprochent ou s'éloignent à l'aide d'un pas de vis et d'un manchon denté. Le mouvement de ces mâchoires est déterminé par un levier à contrepoids tournant d'un tiers de circonférence. Une des mâchoires *e* est toujours immobile, l'autre *h* fait deux mouvements, différents et simultanés, dans le même sens; le premier de ces mouvements est celui engendré par le manchon extrême *l* sur les plans inclinés *AB*, tandis que la vis à pas rectangulaire *b* produit le second mouvement qui continue, même après que le premier a cessé, provoquant alors un serrage graduel du câble. L'éloignement de la mâchoire *h* se fait en tournant le levier en sens inverse et avec l'aide du ressort *g*. Le réglage se fait au moyen des écrous *m* et *n*.

La manœuvre de cet appareil est automatique tant pour le serrage que pour le desserrage. Quand un wagonnet sort de la station, il est poussé par un ouvrier sur les rails suspendus; le contrepoids roule sur un butoir formé par un fer incliné, de façon à obliger le levier à tourner d'un tiers de circonférence. et les mâchoires serrent le câble. Quand un wagonnet entre dans la station, le mouvement inverse se produit par la disposition d'un butoir symétrique au premier, qui provoque le desserrage automatique du câble.

Cet appareil est employé même pour des pentes de 100 0/0.

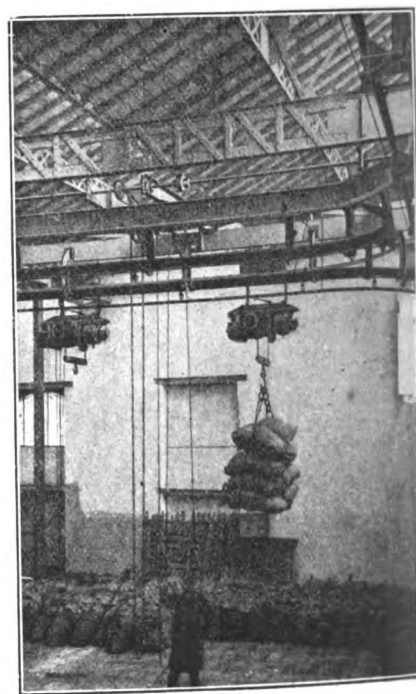


FIG. 272. — Voie suspendue électrique pour manutention de sacs. (Construction Ad. Bleichert.)

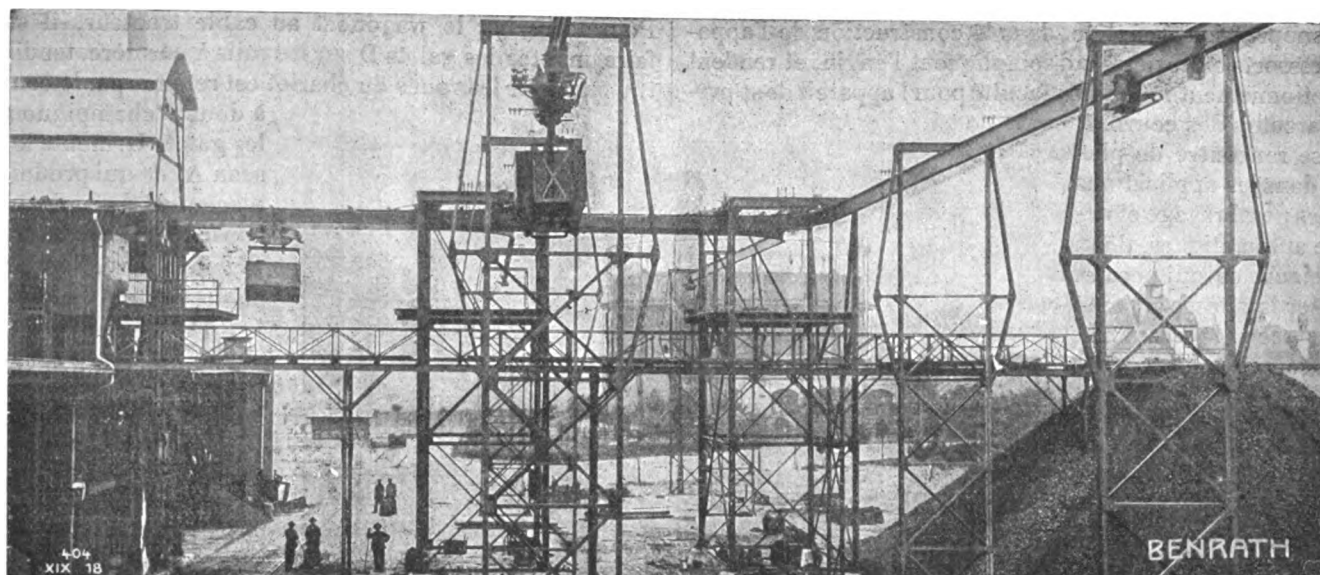


FIG. 273. — Voie suspendue électrique servant au transport de la houille. (Construction Stuckenholz.)

il permet un fonctionnement sûr et un réglage facile de l'effort de serrage du câble tracteur, un fonctionnement automatique

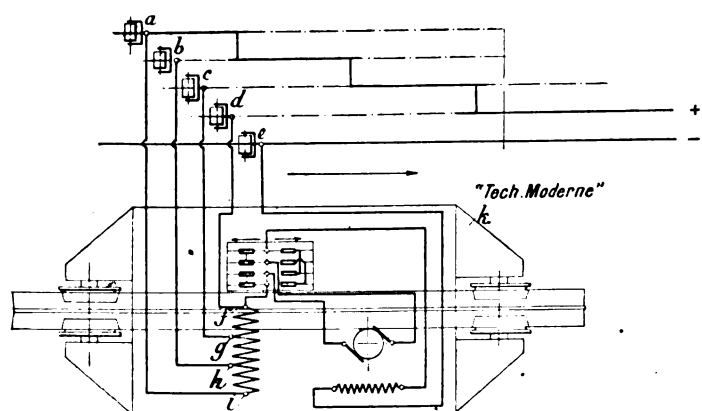


FIG. 274. — Ralentisseur de vitesse de la Benrather Maschinen Fabrik. A. G.

soit à l'accrochage, soit au décrochage du wagonnet; il peut être placé à la partie supérieure de ce dernier, disposition qu'on adopte, depuis quelque temps, de préférence.

L'appareil *Idéal*, de la maison Ceretti et Tanfani, de Milan (fig. 280 à 284), peut s'appliquer à toutes les pentes des câbles et à tous les poids de wagonnets.

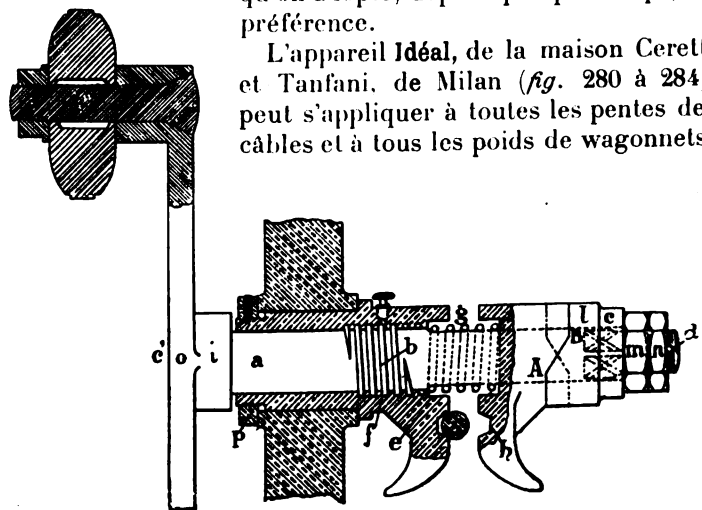


FIG. 275. — Appareil Standard. Coupe de l'appareil.

ainsi que, dans certaines limites, aux différents diamètres des câbles tracteurs. Ses avantages principaux sont les sui-

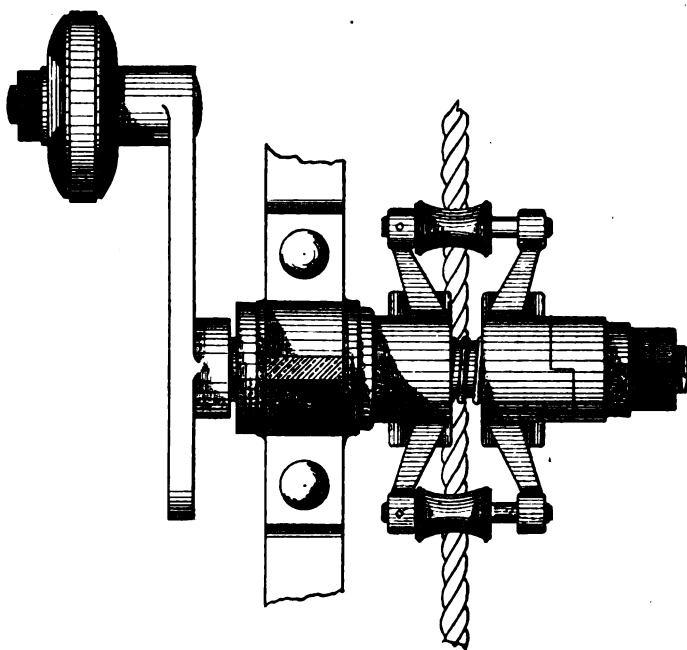


FIG. 276. — Appareil Standard monté sur la suspension du wagonnet.

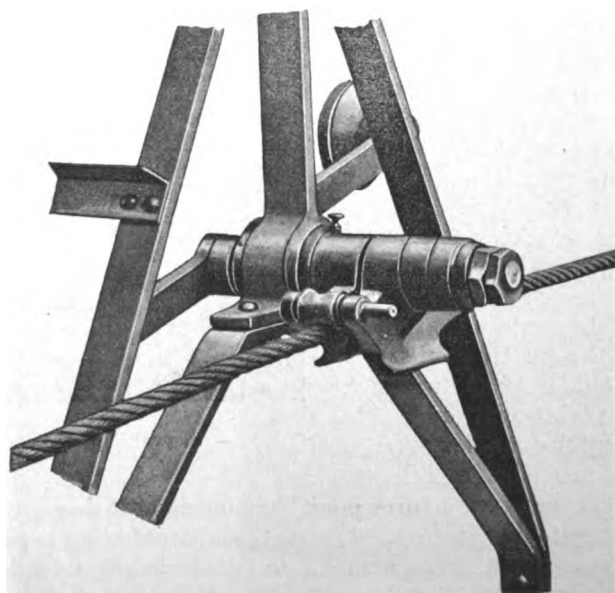


FIG. 277. — Appareil Standard. Vue en plan.

vants : suppression complète, dans la construction de l'appareil, de ressorts ou leviers, qui compliquent l'engin, et rendent son fonctionnement incertain ; faculté pour l'appareil de se préparer au parcours des courbes, ce qui se rencontre de plus en plus dans les applications modernes : embrayage et débrayage automatiques, doux et silencieux, ce qui permet de pousser la vitesse à 3 mètres par seconde et même davantage, et, par conséquent, de doubler le tonnage des lignes aériennes, qui ont fonctionné jusqu'à présent à des vitesses de 1^m.5 à 1^m.8 par seconde. Le tonnage maximum des porteurs aériens peut ainsi être poussé jusqu'à 1.500 tonnes par dix heures de travail.

Le fonctionnement de l'appareil *Idéal* est basé sur le serrage du câble tracteur au moyen de deux mâchoires. Il se compose essentiellement de quatre parties : le coulisseau A, les mâchoires B, la traverse C et les galets D.

Le serrage se fait au moyen du coulisseau qui se déplace verticalement vers le bas, par le poids du wagonnet même, et vers le haut, s'il est soulevé par des rails placés à l'entrée des stations ; le coulisseau A se compose de deux parties principales, l'une inférieure et l'autre supérieure. La partie inférieure présente quatre surfaces de glissement, qui correspondent aux coulisses de la traverse et un trou pour le pivot de suspension. La partie supérieure présente une rainure dans laquelle se déplace un petit rouleau qui entraîne la mâchoire mobile de façon à la rapprocher de la mâchoire fixe, pour serrer le câble, quand le coulisseau descend, et à l'éloigner de celle-ci, pour laisser libre le câble, quand le coulisseau se soulève. La mâchoire B mobile porte des queues entre lesquelles est placé le rouleau *a*. La traverse C a quatre coulisses *b* pour guider le coulisseau A et un évidement ou guide horizontal pour les queues de la mâchoire mobile B, ainsi que deux ouvertures pour les mouvements de montée et de descente du pivot *d*. Les galets D sont montés sur le pivot *d* de la suspension, et au moment de l'accrochage ou du décrochage, ils roulent sur les rails disposés à cet effet et produisent ainsi le soulèvement ou l'abaissement du wagonnet.

Pour accrocher le wagonnet au câble tracteur, il suffit de faire monter les galets D sur les rails à cornière, tandis que la traverse avec les roues du chariot est retenue par le contre-rail à double champignon. Avec les galets D, monte le coulisseau A, ce qui produit le déplacement du rouleau, et par conséquent, de la mâchoire mobile ; à ce moment, le câble tracteur peut donc entrer par la partie supérieure entre les mâchoires, mais comme les rails se recourbent presque aussitôt vers le bas — ce qui produit la descente du pivot et du coulisseau A — la mâchoire mobile se rapproche de la mâchoire fixe, en serrant le câble. Pour le décrochage, on se sert du même agencement de rails.

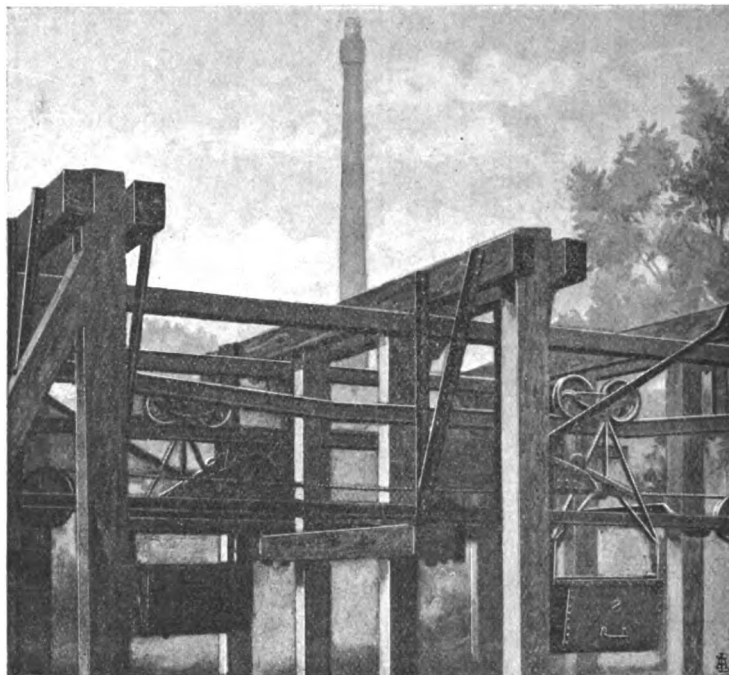


FIG. 278. — Dispositif pour l'embrayage et le débrayage de l'appareil Standard.

Chariots-trolleys. — Les chariots porteurs pour palans s'établissent pour rouler sur le plan supérieur ou sur les ailes inférieures de fers à I ou sur rails, avec ou sans mécanisme de propulsion.

Ils se construisent d'une façon courante pour des puissances de 250 à 10.000 kilogrammes. Leur poids varie de 48 à 400 kilogrammes.

Dans les appareils les plus simples, le chariot est muni d'une attache pour la suspension du palan par crochet. Par ailleurs, le palan est réuni au chariot d'une façon rigide par des flasques communes, et la suppression du crochet qui en résulte réduit l'encombrement en hauteur et augmente d'autant la course de levée.

Le mouvement de translation par chaîne sans fin, disposée sur le prolongement de l'axe du chariot, est appliqué pour les puissances jusqu'à 3.000 kilogrammes ; au-dessus de cette force, la commande a lieu par l'intermédiaire d'un harnais d'engrenages.

Le trolley électrique est un véhicule établi pour rouler sur un système de rails et sur lequel sont groupés les mécanismes de levage et de translation.

Les mouvements de translation s'effectuent soit par une commande à main, soit par une commande électrique ; le levage est toujours réalisé par un système de tambour avec câble mû électriquement.

Les trolleys destinés à rouler sur les ailes inférieures d'un simple fer à T conviennent notamment pour desservir de longs

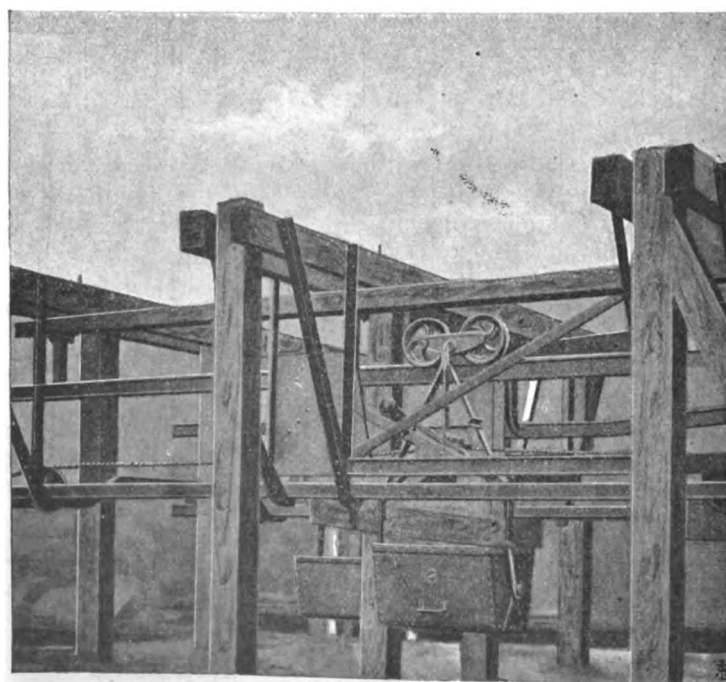


FIG. 279. — Dispositif pour l'embrayage et le débrayage de l'appareil Standard.

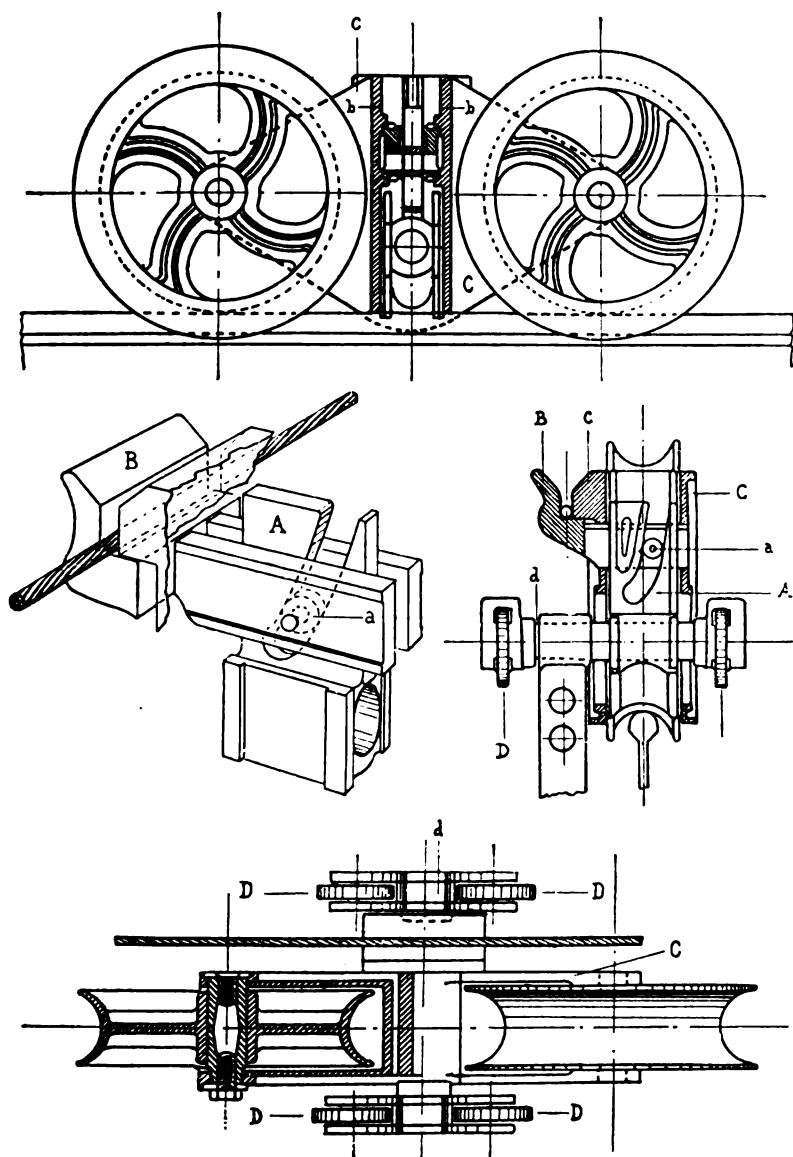


FIG. 280. — Appareil Idéal.

espaces, en raison du coût d'installation de la charpente fixe formant le rail; ils doivent être employés lorsque

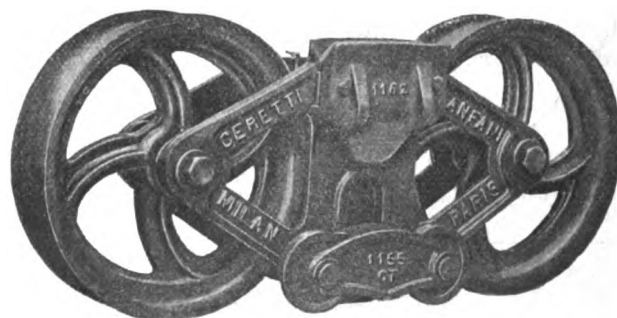


FIG. 282. — Appareil Idéal. Disposition du câble tracteur sur le chariot.

le réseau aérien comporte des courbes ou des changements de direction avec aiguilles et plaques tournantes.

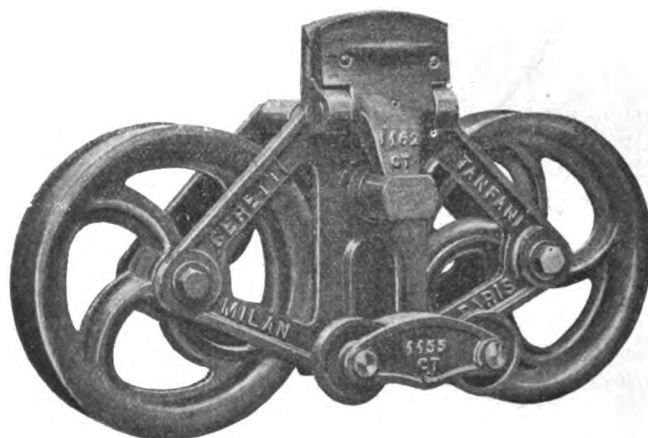


FIG. 283. — Appareil Idéal. Disposition du câble tracteur sur le chariot. Renvoi de l'effort de serrage par levier.

On peut ainsi transporter des charges de 4 à 6 tonnes. Les moteurs électriques utilisés sont généralement du type blindé, ré-

versibles et excités en série, quand ils sont à courant continu. Ils doivent tourner à vitesse de démarrage lente et fort couple moteur et être susceptibles de variations de vitesse par le controller et suivant les charges soulevées. Ils doivent pouvoir aussi supporter de fortes surcharges accidentelles sans détérioration.

L'arrangement avec moteurs à courant alternatif est plus encombrant et ne permet pas la même élasticité, quant aux variations de vitesse possibles.

Le controller réversible, aussi du type blindé, doit être pourvu de résistances amplement suffisantes pour éviter tout échauffement anormal; sa commande s'effectue soit du sol par cordes pendantes agissant sur les leviers à ramelage automatique reliés à un frein mécanique, qui opère l'arrêt dès que la corde est abandonnée, soit de la cabine par des manettes appropriées. Le frein est prévu pour soutenir la charge tant que les mouvements de montée ou de des-



FIG. 281. — Appareil Idéal. Disposition du câble tracteur sous le chariot.

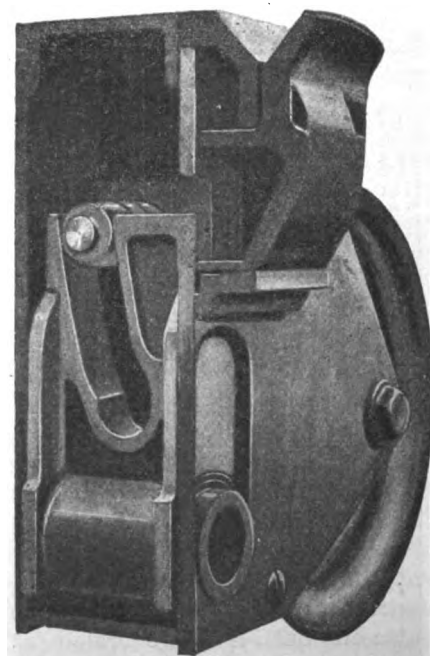


FIG. 284. — Appareil Idéal. Disposition du câble tracteur sur le chariot.

cente sont stoppés; il opère également pendant la descente, lorsque le moteur est renversé et s'oppose à une accélération du mécanisme.

Une butée automatique arrête le moteur et agit simultanément sur le frein dès que le point haut terminé est atteint, ce qui évite toute possibilité d'accident au trolley.

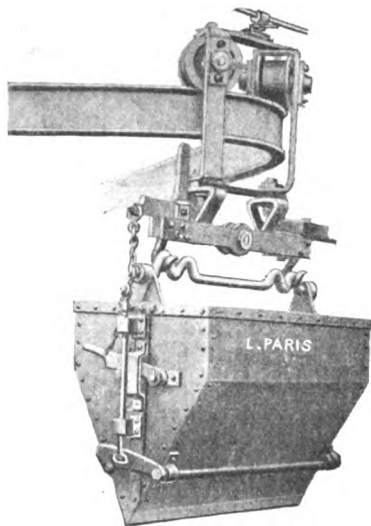


FIG. 285. — Chariot à benne Paris pour voies à rails suspendus.

Le tambour a sa rainure disposée pour pouvoir opérer la levée verticalement dans la presque totalité des cas où la manœuvre le permet; la mobilité du crochet doit offrir le moyen de parer aux variations de longueur ou de tension des deux brins.

La prise de courant est à roulette ou à archet.

Les galets de roulement sont disposés fous, lorsque l'avancement résulte de la poussée que l'opérateur peut exercer du sol sur le câble; ils sont commandés par engrenages, lorsque l'avancement doit se faire sous le contrôle absolu de

l'opérateur, qui agit sur les deux brins d'une chaîne à main, dont l'un est moteur et l'autre forme frein.

Les chariots américains **Northern** sont établis pour recevoir le mécanisme de levage de la charge et les mécanismes

de translation du trolley sur le pont. Le levage de la charge est effectué par un treuil à câble auquel est adjoint, dans certains cas, un petit treuil additionnel indépendant pour la levée rapide des faibles charges. La translation du trolley est réalisée par un essieu commandé par un moteur séparé.

Les vitesses de levage limites généralement adoptées en pratique sont de 3 mètres par minute au minimum pour les chariots de 18 tonnes et au-dessus, de 24 mètres par minute au maximum pour les chariots de 3 tonnes. La



FIG. 286. — Chariot électrique avec mouvement de translation seul. (Construction Neyret-Brenier.)

vitesse moyenne de translation est d'environ 40 mètres par minute. Quant à l'avancement du pont (moteur accroché à la poutre du pont), il est généralement de 75 à 90 mètres par minute, mais il peut aller jusqu'à 180 mètres.

Les moteurs sont choisis de façon à pouvoir supporter des

surcharges de 500 % sans échauffement important, et la pratique a démontré qu'ils pouvaient accepter accidentellement une charge double de celle recommandée, sans fatigue excessive.

Le truck, dans les chariots jusqu'à 45 tonnes, est généralement composé de deux flasques porte-galets, en acier coulé, réunies et entretoisées par une charpente sur laquelle sont fixés la plupart des organes électriques et mécaniques.

Les trucks, pour les forces au-dessus de 45 tonnes, sont formés d'une poutre composée pour l'attache des galets, sur laquelle est assise la semelle supportant tout le mécanisme. Les galets en acier coulé ou en fonte trempée sont de large diamètre, à double boudin, et parfaitement calibrés au roulement; ils sont clavetés sur de gros arbres qui traversent les chariots, dans lesquels ils reposent par une double portée avec fourrure en bronze.

Le moteur de levage est monté à cheval sur les deux poutres à T qui relient les flasques porte-galets. Lorsqu'il est désirable d'avoir une grande douceur au démarrage et à l'arrêt, le contrôleur est spécialement établi pour cet usage.

Le moteur de levage est muni d'un frein à bande commandé électriquement, et qui agit, tant que le circuit est ouvert, pour maintenir suspendue la charge quelle qu'elle soit.

Un coupe-circuit de butée, qui consiste en un écrou mobile sur une vis solidaire du tambour, empêche absolument tout réembrayage en avant du moteur, tant que le tambour n'a pas accompli un certain nombre de révolutions en arrière et que la charge n'est pas descendue d'une certaine quantité; à ce moment seulement, le coupe-circuit prend sa position originale et permet de lever à nouveau.

Les trolleys électriques, type **Northern Express**, à un ou deux moteurs (fig. 289 et 290), se recommandent pour les manu-

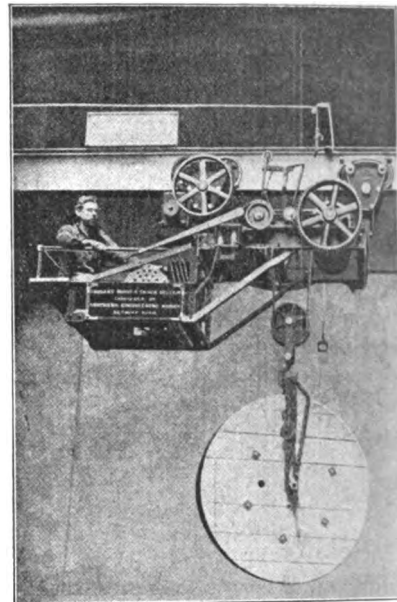


FIG. 287. — Trolley électrique Lake Shore, avec cabine.

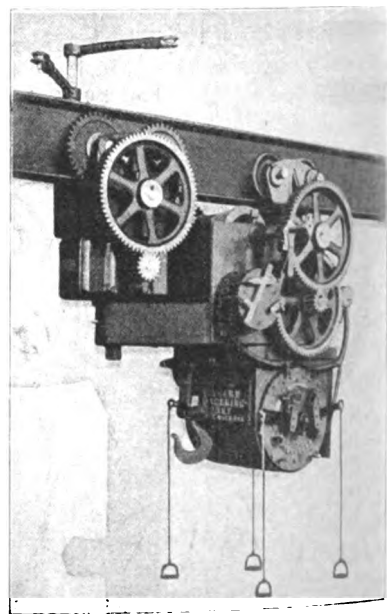


FIG. 288. — Trolley électrique Lake Shore, avec contrôle du sol.

tentions rapides en levage et en translation dans des locaux bas exigeant un appareil compact susceptible d'entraîner un minimum de hauteur perdue et pour des hauteurs de levée de 3^m,50 (pour les appareils d'une tonne) et de 3^m,60 (pour les appareils jusqu'à 6 tonnes). Cette disposition convient seulement au levage des charges dans la verticale du chemin de roulement, rendant difficile la manutention d'objets disposés à droite ou à gauche.

FIG. 289. — Trolley Express à un moteur et translation libre.

Les puissances des moteurs de levage pour 1 ou 2 tonnes sont de 6 HP, et pour 3 à 6 tonnes, de 10 HP. Les vitesses de levage sous pleine charge varient de 3 mètres à 16 mètres à la mi-

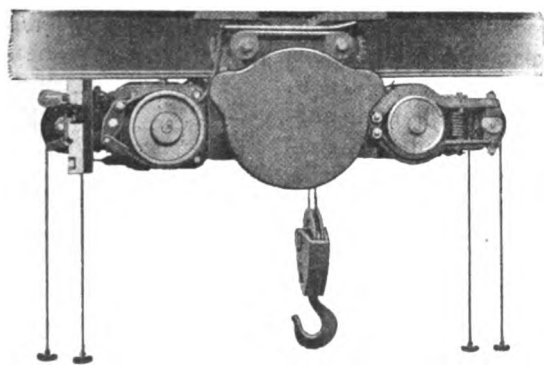


FIG. 290. — Trolley Express à levage et translation électrique.

nute. Celles des moteurs de translation, de 2 1/2 HP pour 1 ou 2 tonnes et de 6 HP jusqu'à 6 tonnes. Les vitesses de translation sous pleine charge varient de 40 à 60 mètres à la minute, sous réserve que les courbes du rail ne dépassent pas 2^m,50 de rayon.

Les trolleys **Northern, type Lake-Shore** (fig. 287 et 288), à deux moteurs, sont établis, comme les types Express, pour rouler sur les ailes inférieures d'un fer à T, mais ils se composent d'un bogie électrique et d'un trolley avec appareil de levage électrique. Ils se recommandent pour les manœuvres de levage à vitesse moyenne et avec translation très rapide, même lorsque les courbes sont d'un faible rayon (minimum 1^m,80). Ils conviennent aux installations courantes dans les locaux à grande hauteur sous ferme. Quand les manœuvres sont diffi-

culées de telle sorte que la vitesse moyenne du chariot soit de

culées de telle sorte que la vitesse moyenne du chariot soit de

culées de telle sorte que la vitesse moyenne du chariot soit de

culées de telle sorte que la vitesse moyenne du chariot soit de

culées de telle sorte que la vitesse moyenne du chariot soit de

culées de telle sorte que la vitesse moyenne du chariot soit de

culées de telle sorte que la vitesse moyenne du chariot soit de

culées de telle sorte que la vitesse moyenne du chariot soit de

culées de telle sorte que la vitesse moyenne du chariot soit de

culées de telle sorte que la vitesse moyenne du chariot soit de

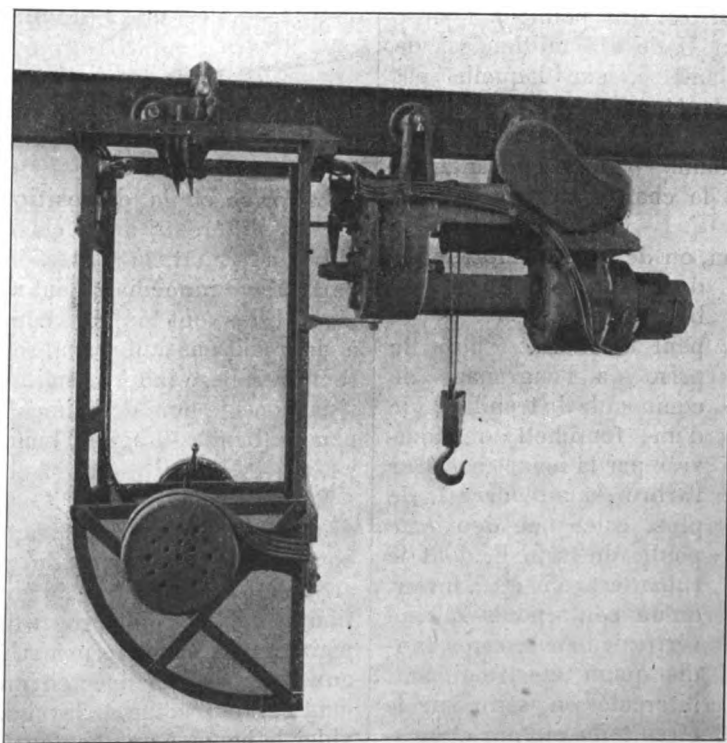


FIG. 291. — Trolley électrique Junior, avec deux moteurs et cabine.

183 mètres par minute et sa vitesse maximum à la descente de 228 mètres environ. Entre les galets est disposé un frein à sabots puissant, actionné par une pédale P fixée en avant et au-dessous du siège du mécanicien.

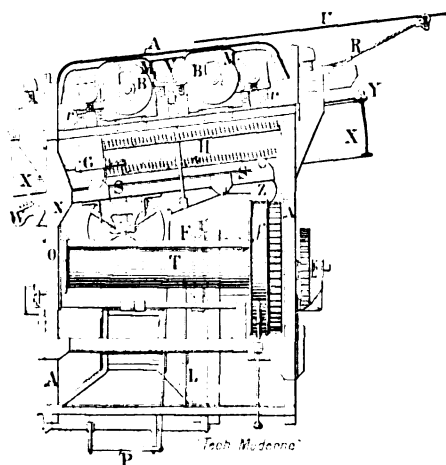


FIG. 292. — Élévation (face opposée au rail).

limités par quatre galets à ressorts S formant tampon.

L'axe de ce treuil fait avec cette voie un angle de 7° , égal à la moitié de l'angle de pente, et son tambour est actionné, par l'intermédiaire d'une paire d'engrenages retardateurs, par un troisième moteur électrique M', de même construction et de même puissance que les deux moteurs des galets. Le tambour est en fonte et monté sur un arbre de 89 millimètres de diamètre et d'une longueur suffisante pour enrouler $18^m,30$ de chaîne calibrée de 22 millimètres.

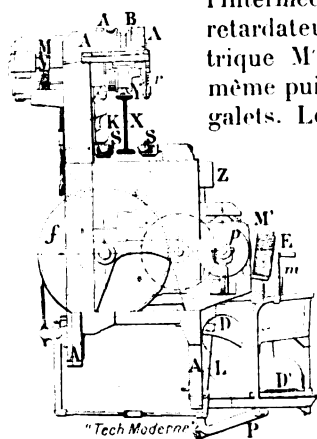


FIG. 293. — Vue en bout.

servant à opérer la descente de la charge par son propre poids.

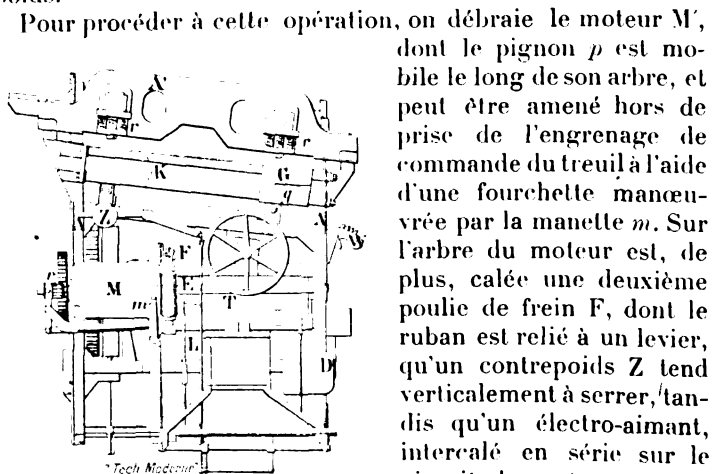


FIG. 294. — Élévation (vue du côté du rail).

contrepois tant que le moteur fonctionne, mais le laisse libre d'agir dès que le courant cesse d'arriver à ce moteur; ce

frein automatique est assez puissant pour maintenir la charge levée à une hauteur quelconque.

Les trois moteurs du chariot et du treuil sont alimentés par un câble U parallèle à la poutre X et sur lequel le courant est recueilli par un trolley R; leur vitesse se règle au moyen de deux rhéostats de démarrage D et D', dont l'un D commande à la fois les deux moteurs de translation. La chaîne enroulée sur le tambour du treuil T porte une benne-griffe ayant une capacité de 1 tonne de charbon. La levée de cette benne est limitée par un dispositif de mise hors circuit automatique du moteur de ce treuil, et se fait à une vitesse moyenne de 18 mètres par minute. Le poids de la benne chargée est de $2^t,5$ et celui du chariot en ordre de service est de 7 tonnes.

Ce chariot fait partie de l'installation d'un transporteur d'une capacité de 400 tonnes par vingt-quatre heures dont nous donnons plus loin la description. Un seul homme suffit pour la conduite du chariot, quand les bateaux à décharger sont pleins: toutefois, quand le niveau du charbon baisse dans ceux-ci, il faut un second homme pour l'entasser à la pelle au point où la benne doit le prendre.

En service normal, la consommation moyenne de courant est d'environ 33 watts-heure par tonne de charbon transportée (le trajet du chariot est de 190 mètres) aux trémies, ce qui correspond à une dépense de 2,5 centimes, et le total des frais de transport est de 12,5 centimes par tonne.

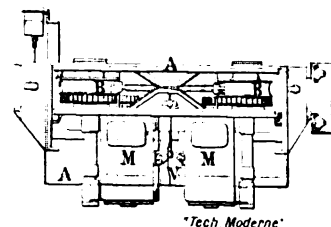


FIG. 295. — Dispositif de commande des galets.

En service normal, la consommation moyenne de courant est d'environ 33 watts-heure par tonne de charbon transportée (le trajet du chariot est de 190 mètres) aux trémies, ce qui correspond à une dépense de 2,5 centimes, et le total des frais de transport est de 12,5 centimes par tonne.

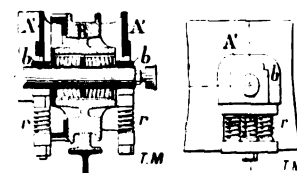


FIG. 296. — Montage des galets.

BENNES

La forme et la disposition des bennes varient avec les usages différents auxquels on les adapte. Ces bennes se vident à la fin de la course de l'engin de levage ou de transport et sont immédiatement ramenées à la position de chargement. Elles sont toujours construites de manière à être faciles à vider soit par culbutage, soit par ouverture. Suivant que le remplissage se fait à la main ou automatiquement, on les désigne sous le nom de bennes de transport ou de bennes pre-neuses (bennes-dragues, bennes automatiques).

Bennes ordinaires. — Les bennes ouvrantes demi-cylindriques sont d'une construction très répandue; la benne se compose de deux quarts de cylindre de révolution réunis par articulation et la chaîne de levage est fixée à cet axe d'articulation même. Le poids propre des pelles et de la charge suffit à maintenir la benne fermée. Une deuxième chaîne est attachée aux bords de la benne; en immobilisant cette chaîne et en rendant sur la chaîne de levage, le conducteur de la grue peut vider la benne à une hauteur quelconque.

On emploie les bennes basculantes (fig. 297 à 299), quand les matières doivent être déchargées toujours à la même hauteur (par exemple dans des trémies); la benne se vide en rencontrant une butée sur la volée et qui fait culbuter la

benne. Après la vidange celle-ci se redresse immédiatement.

Les bennes à charnières (fig. 300 à 301) sont construites aussi basses que possible pour que les matières spécifiquement lourdes ne soient pas inutilement levées à grande hauteur. La benne peut être vidée à une hauteur quelconque par ouverture de son fond; la manœuvre se fait du poste du conducteur.

Pour les grues à voie aérienne, on emploie assez fréquemment des bennes basculantes à déverrouillage commandé par câble.

Les bennes-dragues (fig. 302 et 303) sont utilisées avec avantage pour prendre et déverser automatiquement les charbons ou autres matériaux. Le remplissage et la vidange peuvent se faire à toute hauteur. Le déversement a lieu, comme pour les bennes à charnières, par ouverture du fond.



Fig. 297. — Caisse basculante.

Bennes preneuses. — Les treuils de bennes preneuses (fig. 311)

ont deux tambours qui restent indépendants pendant la durée de fermeture et de déchargement. Ordinairement ces deux tambours sont montés fous sur l'arbre et reçoivent un embrayage à friction et un frein, de sorte que, pour la manœuvre du treuil de levage, en dehors du levier de mise en marche, il faut encore quatre autres leviers. Le treuil est plus simple lorsqu'on renonce à commander par un moteur le tambour d'ouverture. Dans les treuils américains, l'appareil comporte quatre tambours: un pour le câble de fermeture, un pour le câble de vidange, un pour le câble de déplacement et un pour le câble de la

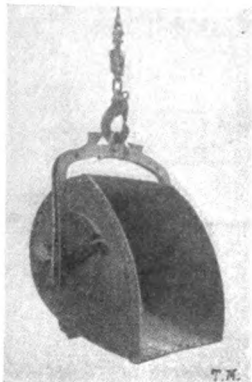


Fig. 298.
Benne basculante.

flèche. Les moteurs de levage et de translation tournent dans le même sens et on empêche tout retour en arrière à l'aide d'un rochet à cliquet silencieux monté sur l'arbre de renvoi. Les embrayages du treuil de levage servent en même temps de freins; en général, en marche, le tambour de fermeture doit être embrayé. Lors de la mise en marche du moteur, la benne est d'abord fermée, puis levée par embrayage simultané du tambour d'ouverture; si l'on débraye un des tambours de levage, on descend la benne ou on l'ouvre, si l'autre tambour est embrayé, ce qui immobilise le tambour. Le second treuil sert à la translation du chariot et du relevage de la flèche.

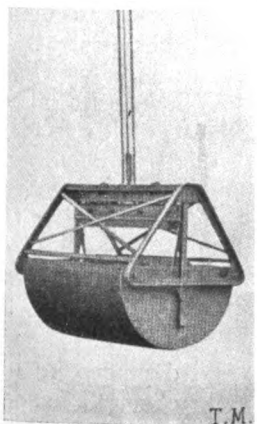


Fig. 299.
Benne basculante.

du câble, parce que le chariot auxiliaire est supprimé.

Les bennes à deux chaînes, construites par la Société la Manutention mécanique industrielle, sont indiquées pour les cas

où les déchargements doivent se faire à hauteur variable et chaque fois que l'on peut aisément pourvoir la grue correspondante d'un deuxième tambour d'enroulement de la chaîne ou du câble.

Dans ces bennes, l'une des chaînes sert à lever et à descendre la benne (chaîne de levage); l'autre détermine l'ouverture et la fermeture de la benne (chaîne de manœuvre).

Dans la plupart des cas, on préfère disposer le treuil de la grue, ou du pont roulant correspondant, de telle sorte qu'en plus de la chaîne de manœuvre il y ait deux chaînes de levage qui toutes deux s'enroulent sur un même tambour, ou sur deux tambours séparés. Par cette disposition, on obtient la plus grande sécurité de marche, car les chaînes de levage sont calculées suffisamment fortes pour que chacune d'elles puisse porter le poids de la benne preneuse avec sa charge, de telle sorte que la rupture d'une chaîne ne puisse provoquer la chute de la benne.

Cette benne peut être ouverte ou fermée à toute hauteur et être élevée ou abaissée indifféremment dans la position ouverte ou fermée, alors que la benne à une seule chaîne ne peut s'ouvrir qu'à une position déterminée pour plusieurs manœuvres successives. Les câbles de levage agissent par l'intermédiaire de plusieurs jeux de poulies, celles inférieures placées sur une traverse mobile, guidée dans le châssis métallique de la benne preneuse. Les deux ailerons visibles de cette traverse servent à écarter les grappins lors de l'ouverture et à les maintenir écartés au moment de la pénétration dans la masse à décharger, jusqu'à ce que la chaîne de levage soit actionnée. Les chaînes de manœuvre sont attelées sur deux brins qui viennent s'attacher en dehors des grappins sur la partie inférieure; sur ces chaînes viennent s'attacher les câbles, au moyen d'attaches spéciales, qui peuvent, sans inconvénient, passer sur une poulie de tête de la grue. Le câble de manœuvre est fixé sur la traverse supérieure. Ce câble est à surface unie pour empêcher, au moment du déchargement, la rotation de la benne. Celle-ci est munie de couteaux de fermeture particulièrement robustes.

Ces bennes (fig. 305) se construisent pour des capacités de 1 à 3 mètres cubes; le rendement en charbon par dix coups de benne va de 8 à 24 tonnes, et la force nécessaire au tambour en kilogrammes varie, dans les mêmes conditions, de 2.350 à 5.400 kilogrammes (gros morceaux).

Ces bennes (fig. 305) se construisent pour des capacités de 1 à 3 mètres cubes; le rendement en charbon par dix coups de benne va de 8 à 24 tonnes, et la force nécessaire au tambour en kilogrammes varie, dans les mêmes conditions, de 2.350 à 5.400 kilogrammes (gros morceaux).

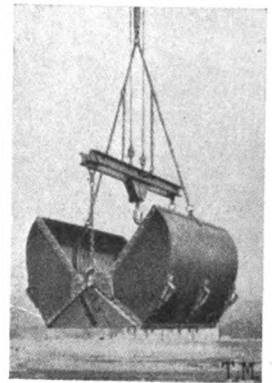


Fig. 300.
Bennes à charnières.

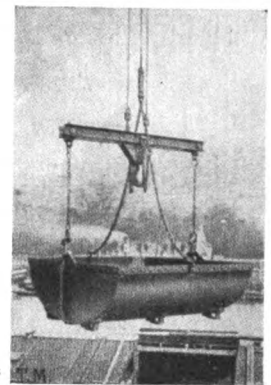


Fig. 301.
Benne à charnières.

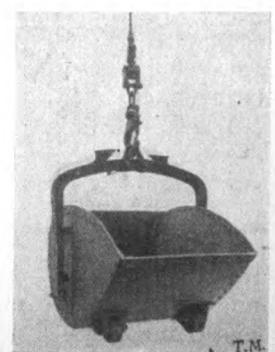


Fig. 302. — Benne drague.

Les bennes à une chaîne s'appliquent aux mêmes matières que les bennes ci-dessus. Elles s'emploient principalement quand les déchargements doivent se faire constamment à la même hauteur et quand il s'agit d'utiliser, sans transformations, une grue à chaîne unique existante.

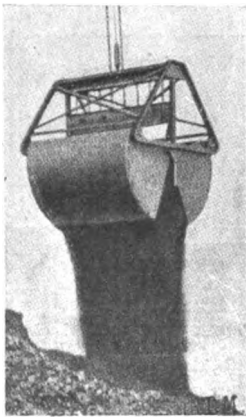


Fig. 303. — Benne drague.

Les bennes sont également formées de deux grappins conjugués, d'une tige formant glissière, avec coulisseau, et d'une pièce de déclenchement. L'ensemble est suspendu à la chaîne centrale. Il est combiné à un anneau de déclenchement fixé au moyen de deux autres chaînes, en bout de flèche.

La Compagnie Titan emploie pour ses engins le type de grappin suivant.

Les coquilles, conjuguées par des articulations, sont pivotées sur l'étrier et entre les bras se trouve l'axe du tambour. A l'un des bras est attachée la chaîne, et le double câble de levage passe sur le tambour, sur lequel le galet du levier est pressé par un ressort. Lorsque les coquilles sont ouvertes, le galet applique le câble sur le tambour et lorsque le câble mollit, le galet continue cette application sans permettre, aidé par l'auget, aux cordes de pendre sous le treuil. Lorsque les coquilles s'ouvrent, une corde supporte le poids du grappin.

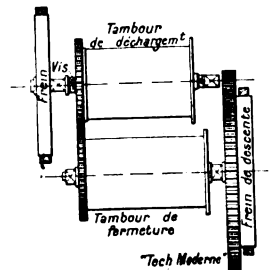


Fig. 304.

Treuil pour benne preneuse.

Les grappins de suspension pour tôles et plaques, à serrage automatique (fig. 308), sont construits de telle sorte que la plaque se trouve non seulement accrochée, mais serrée par chaque crochet au moment du soulèvement. Les crochets sont réunis par leur chaîne à un anneau commun, rattaché à l'appareil de levage.

Les crochets de sécurité Paris (fig. 309) sont disposés pour que, une fois fermés, ils emprisonnent les amarres qui ne peuvent échapper que si l'on dégage l'ouverture, ce qui se fait instantanément. Le crochet porte, dans le haut et sur le côté, un tourillon à demeure. Sur celui-ci se déplace une pièce munie d'une coulisse qui, dans son mouvement, vient pénétrer dans le bec du crochet et en fermer l'entrée.

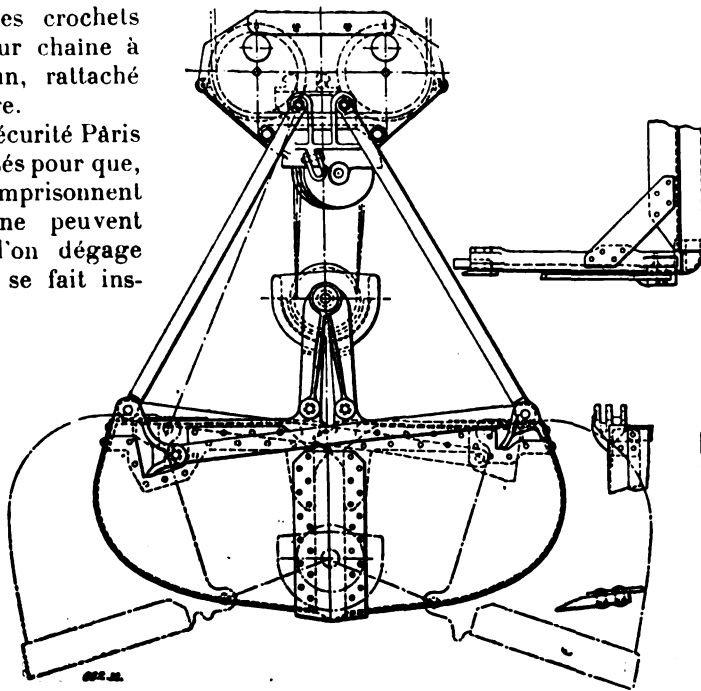


Fig. 306. — Grappin de transporteur Temperley.

câbles, dont deux pour la translation du chariot (ne formant

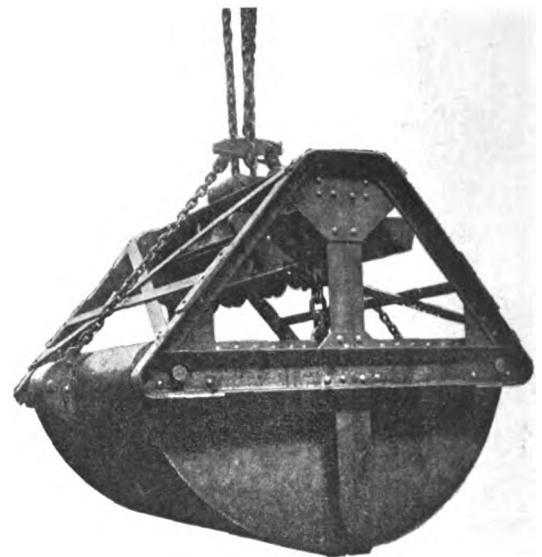


Fig. 305. — Benne preneuse.

en réalité qu'un câble continu partant du tambour du treuil et passant sur des poulies de renvoi pour revenir au même tambour) et l'autre passant sur le tambour de levage et s'attachant à un point fixe après mouflage de la charge, cette commande, disons-nous, ne peut être utilisée pour la marche avec une benne preneuse que pour le câble d'ouverture, parce que le câble de fermeture doit être, soit fixé à la benne, soit fixé par un mouflage à grand nombre de poulies. Si l'on pend la benne preneuse au crochet de grue, on perd beaucoup de hauteur. Dans les nouvelles grues à grande puissance, cette construction a été modifiée par intercalation de deux poulies folles dans la traction du câble de levage (fig. 306 et 310).

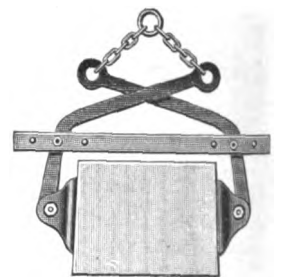
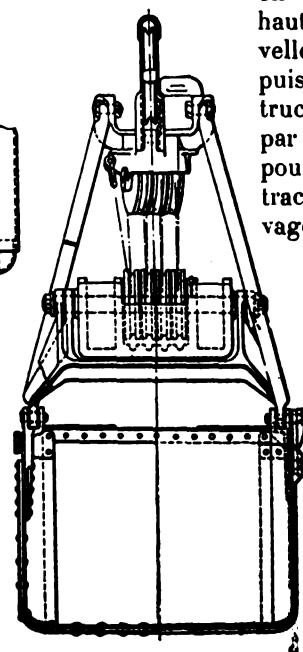


Fig. 307. — Pince à articulations pour pierres.

On peut utiliser une disposition à deux câbles avec deux tambours : le câble de levage est fixé au chariot ; pour le levage, on manœuvre le tambour qui lui est affecté et, pour le déplacement du chariot à benne, les deux tambours. En outre, par rotation du tambour de



Commandes pour bennes preneuses. — La commande à trois | translation seul, la charge se déplace suivant une ligne inclinée.

Pour la grue à deux câbles sans benne preneuse et pour les grues dont la voie aérienne est un câble, on modifie fréquemment ce dispositif, en suspendant la charge à trois brins.



FIG. 308. — Grappin de suspension pour tôles et plaques.

tambours et arrivent symétriquement au chariot. Un des tambours rend autant de câble que l'autre en enroule et la charge se déplace horizontalement (fig. 304).

Pour les grues travaillant avec un seul câble, dans le but de simplifier le treuil et les câbles de guidage, le câble de charge est disposé de telle manière qu'il exerce sur le chariot une traction unilatérale qui, pendant le levage, est équilibrée par des forces extérieures. Dans cette disposition, la voie de translation porte des butées, qui arrêtent le chariot pendant le mouvement de levage. Le choc d'un plateau de crochet contre le chariot



FIG. 309. — Crochet de sécurité Pâris.

déverrouille le dispositif d'arrêt en même temps que la charge s'accroche au chariot, de sorte qu'en continuant de tirer sur le câble de charge, le chariot se déplace vers la

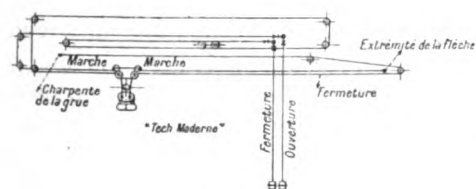


FIG. 310.

droite, et qu'en rendant sur le câble, il se déplace vers la gauche sous l'action de la pesanteur.

Pour la marche avec preneuse à moufle, la flèche inclinée à 30° est très employée. L'installation est peu coûteuse d'établissement et simple comme fonctionnement. Enfin la disposition sans poulie folle permet l'emploi d'une benne preneuse quelconque. La flèche reçoit une forme parabolique et le treuil doit se trouver au foyer de la parabole.

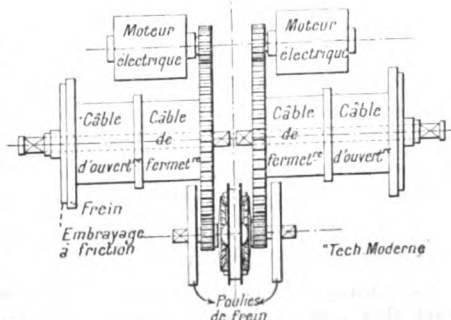


FIG. 311. — Treuil à benne preneuse, avec système différentiel à pignons d'angle sur le renvoi intermédiaire.

TRAINAGE SUR VOIES

Le trainage sur voies à deux rails s'effectue par dispositions à contre-câble, à frein ou à câble sans fin.

Dans le premier cas, l'installation comporte deux tambours dont l'un traine dans un sens le train de wagons chargés et l'autre ramène en arrière les wagons vides. On peut marcher avec un seul moteur.

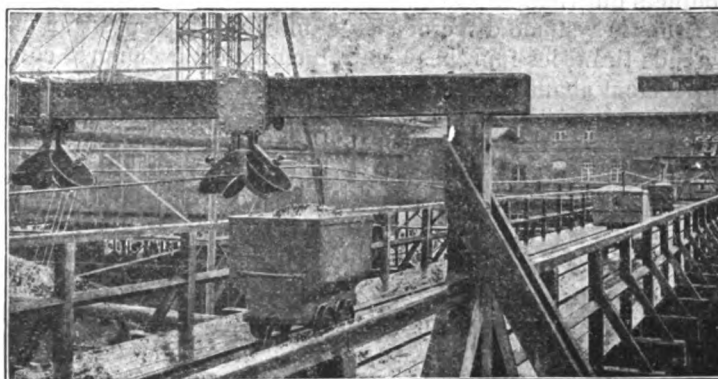


FIG. 312. — Trainage avec câble en dessus. (Construction Ad. Bleichert.)

Dans les trainages par câble sans fin, utilisés dans les trainages circulaires, le câble court constamment dans le même sens sur des poulies de commande ou d'angle. Les wagons pleins sont accrochés à un brin, les vides à l'autre. La disposition est la même sur voie horizontale ou montante et se prête également à une marche automatique à frein dans une pente.

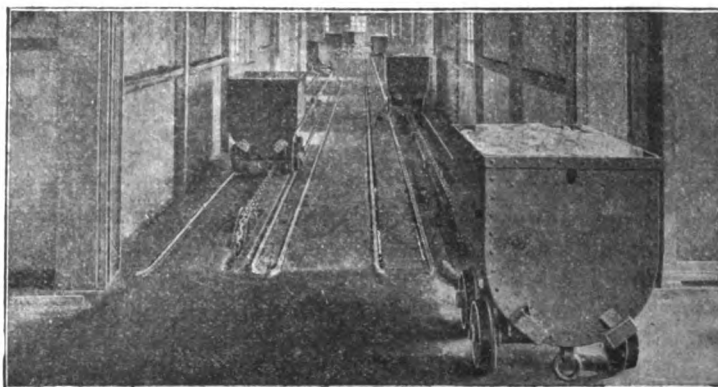


FIG. 313. — Trainage avec chaîne en dessous. (Construction Ad. Bleichert.)

Le câble de traction, dans les installations de trainage, peut être entraîné par une simple poulie de cuir et on emploie un tambour de cabestan — ceci quand la charge à transmettre est d'une faible puissance. Pour éviter le glissement du câble dans le sens de l'axe du tambour, on divise celui-ci en tambour de commande et contre-tambour, comme on le fait d'ailleurs parfois dans les engins de levage à longue course. Mais il est préférable, au lieu d'un contre-tambour, d'employer un certain nombre de poulies folles, qui peuvent prendre une rotation les unes par rapport aux autres.

On construit des commandes de trainage par câble avec des poulies de grand diamètre à une seule gorge, actionnées toutes deux par relais d'engrenages.

Au lieu de commandes par frottement, on emploie parfois

des roues à entraînement, qui offrent l'avantage de moins charger les arbres de commande et de permettre de graisser la chaîne.

Au point de vue du couplage du wagon à l'organe de traction, le meilleur système de formation des trains est constitué par les tiges de traction continues, munies de crochets et d'anneaux. Avec la marche en circuit fermé, il est nécessaire que les wagons puissent être accrochés à l'organe de traction en un point quelconque. Le système à chaîne en dessus le permet facilement. On munit la chaîne en dessous de taquets qui viennent buter contre les essieux du wagon.

Dans le système d'accrochage à un câble, la disposition par nœuds tirant les fourches d'entraînement est à peu près complètement abandonnée, à cause de la grande usure du câble et des nœuds ; on y a substitué avec avantage une fourche coudee dans laquelle le câble vient se poser par en haut : le frottement tend à faire tourner la fourche, de telle sorte qu'elle serre le câble. Le couplage a lieu automatiquement. On emploie aussi d'autres dispositifs, tels que des pinces à câbles, des fermetures à anneau ou à levier.

Comme dispositifs de sûreté pour éviter les accidents qui peuvent se produire du fait d'un wagonnet qui se détache du câble dans une pente ou dans une rampe, on utilise des taquets actionnés par des leviers *ad hoc*.

Pour le chargement et le déchargement, les wagons sont la plupart du temps séparés de l'organe de traction (câble ou chaîne) ; mais le déchargement peut également s'effectuer automatiquement en un point quelconque du trajet sans décrochage.

Les wagonnets employés ont une contenance de 500 à 1.000 kilogrammes. Selon que l'organe de traction se pose sur le wagon et est supporté par lui, ou se loge entre les roues sous la caisse, il s'agit d'un trainage en dessus ou en dessous. Ce trainage peut avoir une allure alternative ou circulaire continue. Les câbles doivent être calculés à la traction avec un coefficient minimum de sécurité de 8 pour les fortes tensions à prévoir. La fatigue supplémentaire, causée par la flexion sur les roues de commande et de renvoi, est d'après Bach :

$$\sigma = 800.000 \frac{\delta}{D}$$

Le diamètre des poulies doit être égal au moins à 1.000 fois le diamètre du câble ($D = 1.000 \delta$). On obtient ainsi $\sigma = 800$ kilogrammes par centimètre carré.

Avec les chaînes, on observe aussi le coefficient de sécurité 8.

Le trainage alternatif permet des vitesses de déplacement allant jusqu'à 4 mètres, et le trainage continu avec chaîne, 0^m,75 à 1^m,50, et avec câble, 0^m,50 à 1 mètre. L'espacement des wagons est généralement compris entre 10 et 20 mètres.

Le transport par trainage, comme nous venons de le définir, est surtout employé dans l'exploitation des mines pour le service des parcs à charbon. Ces installations sont très importantes pour les charbonnages ou autres établissements industriels avec gares de raccordement. Le long de la voie se meuvent continuellement des câbles sans fin auxquels sont attelés les wagons à l'aide d'un accouplement spécial. En tout point de l'installation, on dispose ainsi d'une puissance pour exécuter les manœuvres, de sorte que l'on peut travailler simultanément en plusieurs points. Les wagons, qui se trouvent entre deux rames et qui ne pourraient pas être atteints par une locomotive, peuvent aisément être entraînés par le câble. L'installation ne consomme de l'énergie que lorsque l'on s'en sert, tandis qu'une locomotive doit être tenue sous pression toute la journée. Les installations faites à titre

provisoire sont en général construites avec le système de trainage continu, et dans les installations où il y a beaucoup de courbes, on a recours à l'emploi de la chaîne.

TRANSBORDEURS ET DÉCHARGEURS

Ces engins sont plus spécialement utilisés pour la manutention des marchandises en vrac ; dans cette classe d'appareils, nous citerons les culbuteurs des wagons, les convoyeurs, les élévateurs et les ponts transbordeurs et transporteurs.

Wagons culbuteurs et culbuteurs de wagons. — La réalisation la plus simple est le chariot basculeur à deux roues dont l'axe de basculage est l'essieu.

Les culbuteurs pivotants permettent la décharge des matériaux dans une direction quelconque ; la caisse est articulée à charnières sur une plaque tournante, liée au châssis inférieur par un pivot central.

Les wagons autodéchargeurs à fermeture par volets et charnières parallèles aux voies sont soit des wagons-trémies à parois latérales inclinées, soit des wagons à selle, c'est-à-dire des wagons à dos d'âne avec fond en forme de toit. On les construit avec déchargement latéral, déchargement par le fond, ou avec combinaison des deux systèmes.

Les wagons déchargeurs avec fermeture par volets à charnières perpendiculaires à la voie ne permettent de décharger les matériaux qu'entre les rails.

Enfin les wagons autodéchargeurs à fermeture par vannes ne s'appliquent qu'au déchargement par le fond.

Les culbuteurs de wagons sont employés pour décharger par inclinaison ou renversement complet les wagons à caisse ouverte. On distingue les culbuteurs en bout et les culbuteurs latéraux.

Les culbuteurs en bout se divisent en culbuteurs à fosse, en culbuteurs de niveau et en culbuteurs élévateurs.

Les culbuteurs à fosse ne nécessitent ordinairement aucun moteur, le poids seul de la charge effectue le mouvement.

Les culbuteurs de niveau sont d'une construction plus complexe, dépendant de la profondeur dont on peut disposer sous la plate-forme. Quand la fosse atteint une profondeur de 6 à 7 mètres, on emploie avantageusement pour soulever la plate-forme des tiges de poussée qui sont articulées à cette plate-forme et qui peuvent recevoir des inclinaisons quelconques. Le plus souvent, on emploie des poutres spéciales de poussée, en fers profilés, dont l'extrémité inférieure se déplace dans une glissière verticale ; c'est sur ce pied de tige que vient agir la force de commande, transmise par vis ou chaînes, et s'attache la chaîne du contrepoids. Quand il est impossible d'établir une fosse, il faut construire un chevalement de treuil et soulever la plate-forme à l'aide de câbles ou de chaînes.

Les culbuteurs élévateurs sont soit à élévation fixe, soit à élévation variable. Dans le dernier cas, la plate-forme de culbutage fait en général partie d'un appareil qui peut recevoir un mouvement exclusivement vertical.

La commande peut être électrique ou hydraulique. La plupart des culbuteurs à grande élévation sont équipés avec plates-formes de levage et de culbutage séparées.

On utilise soit des monte-charges verticaux, soit des monte-charges inclinés. Un procédé tout différent consiste à suspendre la plate-forme au crochet d'une grue, à l'amener au-dessus de l'endroit choisi et à la culbuter à ce moment.

Les culbuteurs latéraux s'emploient pour les chariots de

mines, que l'on appelle culbuteurs rotatifs. On opère par un chargement lent et un retour rapide à la position normale. Le plus fréquemment, le culbutage est accompagné d'un fort levage.

Pour les débits des culbuteurs de niveau, on peut compter jusqu'à 15 wagons de chemins de fer par heure et pour les culbuteurs élévateurs, jusqu'à 6 wagons.

Les **basculeurs électriques** à wagons construits par la maison Fried. Krupp, de Magdebourg (fig. 314), peuvent s'employer pour tous les wagons à charbon ou à coke avec parois extrêmes mobiles ayant une capacité de 10 à 20 tonnes et un empattement de 2^m,50 à 4^m,50. Les wagons peuvent être directement vidés sans qu'aucune modification ne soit nécessaire, ni aux barres des freins des wagons, ni à aucune pièce du basculeur.

La plate-forme du basculeur repose par l'une de ses extrémités sur un dispositif d'appui recevant les chocs lorsqu'on pousse le wagon sur le basculeur. A l'extrémité où se produit le déchargement, la plate-forme est réunie, par une articulation, à un levier à bras, dont l'axe de rotation est encastré dans la charpente de fer en treillis du basculeur. Elle est pourvue d'une trémie de déchargement dont l'écouloir est muni d'un clapet réglable. La fixation du wagon sur la plate-forme est réalisée au moyen d'un dispositif de calage parachute. Sur la charpente du basculeur se trouvent, dans une guérite commune, les treuils de manœuvre de la plate-forme et du clapet d'écoulement.

Les appareils de commande des treuils sont disposés, à mi-hauteur de la charpente, dans la guérite du conducteur, en façon que ce dernier ne perde pas de vue les opérations de chargement. Des appareils indicateurs, placés dans la guérite, permettent en outre de suivre l'état des mouvements. La position extrême de la plate-forme du basculeur et du clapet d'écoulement est automatiquement limitée, afin de prévenir, dans la mesure du possible, l'endommagement des organes du basculeur par suite d'inattention du conducteur. En tout temps, le basculeur peut être réglé entre les positions extrêmes correspondant aux niveaux le plus haut et le plus bas, de telle façon que la hauteur de chute de la charge soit minime et que la matière soit ménagée dans toute la mesure possible.

En fonctionnement, le wagon roulé sur la plate-forme, étant fixé par l'appareil de calage parachute à une distance déterminée de la trémie de déchargement, on ouvre sa paroi extrême tournée vers cette trémie et l'on incline la plate-forme du côté de l'eau, au moyen du levier, jusqu'à ce qu'elle se trouve très près du chaland, au-dessus de celui-ci. D'après le

niveau de l'eau, l'extrémité terre de la plate-forme est ensuite levée de nouveau dans la mesure nécessaire pour la vidange du wagon. Les morceaux qui pourraient adhérer encore à l'intérieur du wagon sont dégagés d'une passerelle de service prévue dans la partie supérieure de la trémie.

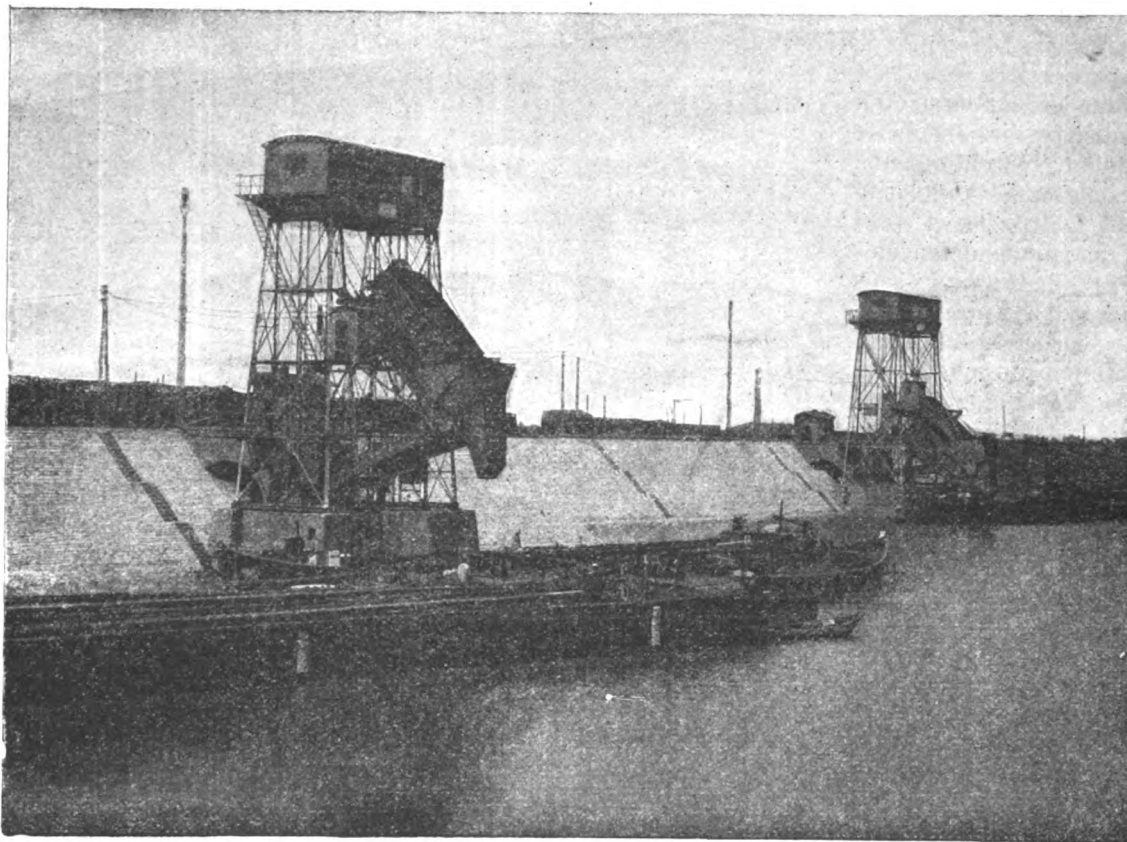


FIG. 314. — Basculeur automatique de wagons. (Construction Fried Krupp, A. G.)

La chute de la matière hors de la trémie dans le bateau se règle à volonté au moyen du clapet d'écoulement, de sorte qu'une répartition uniforme dans toute la cale est possible.

Le service demande trois ou quatre hommes, y compris le conducteur.

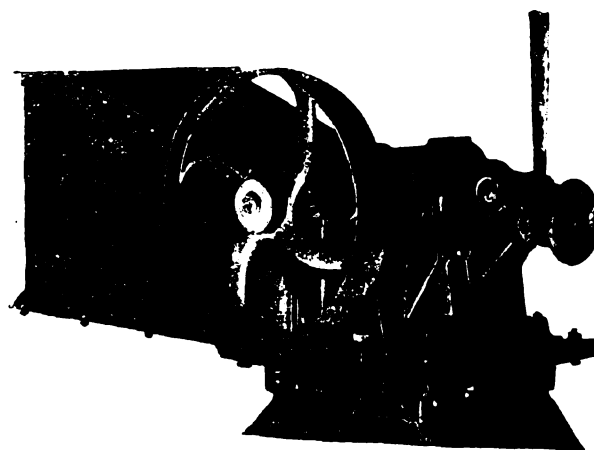


FIG. 315. — Chargeur à chocs. (Construction Neyret-Brenier.)

Le débit du basculeur est d'environ 220 tonnes de charbon par heure.

Chargeurs automatiques. — Les chargeurs sont des engins qui règlent automatiquement les quantités de matières néces-

saires à l'alimentation des machines exigeant une marche continue. Ils sont de différents systèmes, selon l'adaptation qu'on en fait.

Les **chargeurs à chocs** (fig. 315) sont spécialement employés pour le chargement des moulins à boulets, les moulins à cylindres, les moulins à meules. Suivant la nature de la matière à débiter et la grosseur des morceaux, un dispositif spécial permet de régler l'alimentation, de façon à fournir à l'appareil la quantité exacte de matière qu'il peut recevoir. De cette manière, on obtient une très grande régularité dans la marche et aussi le maximum de rendement du broyeur, sans crainte d'engorgement ni de pénurie de matière à l'intérieur du moulin.

Les appareils chargeurs sont installés au-dessous d'une trémie et reliés aux machines qu'ils desservent soit directement, soit par l'intermédiaire d'un tuyau de raccordement.

Pour l'alimentation des meules horizontales, on emploie des chargeurs à secousses ou tic tac.

Les chargeurs à **sole tournante** permettent de débiter des matériaux en morceaux d'assez grandes dimensions. Ils sont réglables par l'intermédiaire d'un couteau.

Les chargeurs à **chariot** (fig. 316), d'un débit considérable, permettent une centralisation facile des matériaux, ce qui facilite beaucoup la marche des usines où l'on emploie des broyeurs.

Les principales pièces entrant dans la construction de ces engins sont en principe : un bec fixe avec porte réglable, un chemin de roulement légèrement incliné et un chariot roulant alternativement sur le chemin de roulement.

La commande s'obtient par l'intermédiaire de poulies, engrenages et excentriques ou arbres coudés. Lorsque le débit doit varier dans de larges limites, on dispose des excentriques réglables qui donnent à la porte mobile des ouvertures en relation avec la matière à débiter.

Les chargeurs à **rouleaux** sont employés dans les cas où on a de fortes quantités à évacuer ou à transporter, et pour des matériaux en morceaux et secs. Un ou plusieurs de ces chargeurs sont disposés au-dessus d'une toile qui emmène les matériaux déposés. Chacun d'eux se compose d'un rouleau en fonte animé d'une faible vitesse, soit 1,5 à 2 tours à

la minute. Le débit se règle en augmentant ou en diminuant la vitesse ou en disposant une vanne réglable au-dessus du rouleau.

Les chargeurs à **palettes** sont composés d'une auge dans laquelle tourne un rouet ordinairement à quatre palettes ; en réglant la vitesse du rouet, on obtient un certain nombre de jetées de matière d'une valeur connue et dans un temps déterminé.

Convoyeurs.— Ces appareils sont employés pour le transport des charbons, des cendres, des chaux et ciments, etc. On les utilise surtout pour parcourir des circuits compliqués qui exigeraient l'adaptation de plusieurs transporteurs d'un autre système. Ils permettent de desservir aisément des points situés à différents étages.

Les convoyeurs ordinaires se composent essentiellement de deux chaînes de traction sans fin portant des bennes articulées autour d'axes horizontaux. Les chaînes portent elles-mêmes des galets qui roulent sur des rails. Ceux-ci prennent la forme du chemin à décrire, qui peut présenter des courbes dans le plan vertical. Les rails en se relevant servent de guidages d'amorces dans les parties verticales. Dans ces parties, le guidage peut être soit prolongé, soit interrompu, suivant que les bennes y circulent chargées ou vides. À l'une de leurs extrémités, les chaînes sont munies d'un dispositif de tension et, en un autre point, elles reçoivent le mouvement de commande de l'appareil. Les bennes sont généralement en tôle emboutie. Elles peuvent être montées soit jointives, soit à

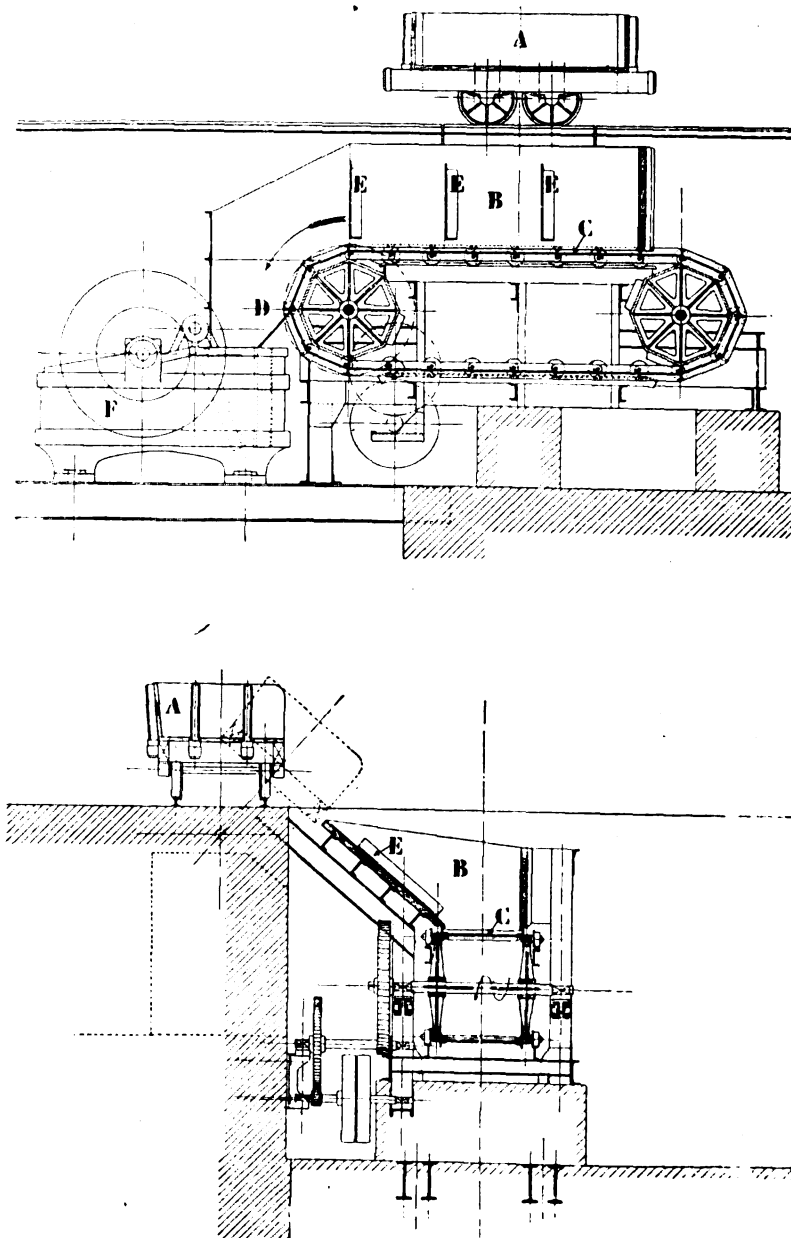


FIG. 316. — Chargeur à chariot. (Construction Neyret-Brenier.)

une certaine distance les unes des autres. Dans ce dernier cas, la construction de l'appareil est plus robuste, mais il faut employer des dispositifs spéciaux pour le chargement (appareils chargeurs).

Le déchargement des bennes se fait par basculement automatique et peut être obtenu en plusieurs points différents du parcours. Après basculement, la benne revient d'elle-même à sa position normale.

Le convoyeur Hunt (fig. 318) trouve une application économique tout indiquée pour l'alimentation en charbon des chaudières, où le combustible doit être emmagasiné et en même

temps distribué aux différents foyers, ainsi que pour le chargement du charbon des locomotives, pour les lavoirs de charbon, les usines à gaz et à coke, etc.

Cet appareil consiste en une succession de baquets basculants intercalés entre deux chaînes Galle sans fin, dont les axes portent des galets cheminant sur rails. Chaque baquet a son point de suspension au-dessus de son centre de gravité, de manière à rester vertical, quelle que soit la position de la chaîne. Le déchargement en un point donné du parcours de la chaîne est provoqué par un butoir qui fait basculer chaque baquet au passage.

Le chargement automatique des baquets s'exécute très facilement au moyen d'un appareil spécial dit « remplisseur », qui consiste en une succession de petits entonnoirs articulés entre eux et disposés entre deux chaînes Galle portées sur rails

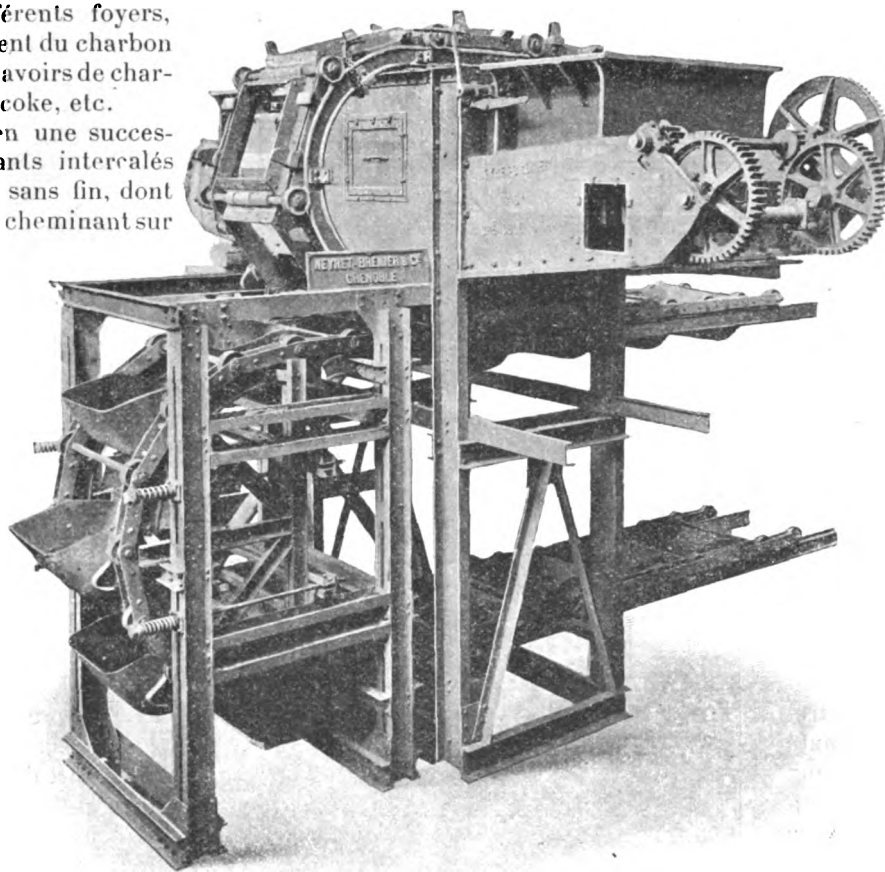


FIG. 317. — Convoyeur appliqué à un chargeur. (Construction Neyret-Brenier.)

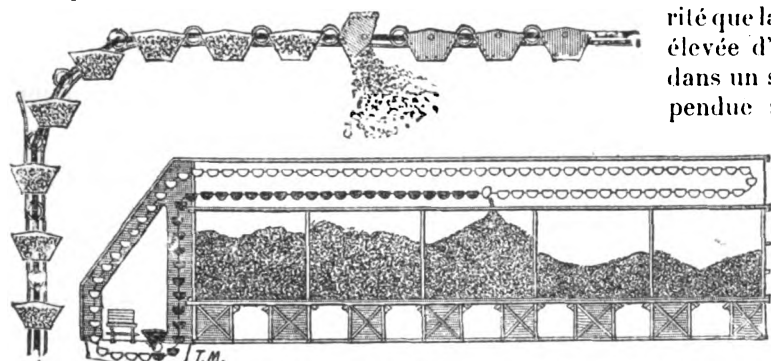


FIG. 318. — Disposition schématique d'un convoyeur Hunt.

par des galets, exactement comme les baquets du convoyeur.

La chaîne du convoyeur entraîne dans son mouvement celle du remplisseur par l'intermédiaire de taquets formant crémaillère, et les entonnoirs, qui ne laissent pas d'espace entre eux, viennent l'un après l'autre s'emboîter dans les baquets à leur passage sous la goulotte d'alimentation. Le chargement s'effectue ainsi régulièrement, sans que les matières à charger tombent à côté ou entre les baquets.

Outre la grande simplicité du service des convoyeurs, ceux-ci, par la disposition même de canaux sous les magasins à charbon, offrent les grands avantages de prendre en premier le charbon le plus anciennement emma-

gasiné, et de permettre l'enlèvement du charbon en n'importe quel endroit où un échauffement de la masse se produirait, ce qui évite toute inflammation dans les soutes. La chaîne du convoyeur reçoit son mouvement d'un mécanisme spécial actionné à son tour par une transmission ou par un moteur quelconque.

La maison J. Pohlig, de Cologne, construit de ces appareils pouvant transporter de 10 jusqu'à 150 tonnes de charbon par jour et davantage au besoin.

Élévateurs Hunt. —

Le principe des élévateurs Hunt (fig. 323) repose sur l'élévation des bennes par le moyen d'un treuil à commande électrique ou à vapeur, suivant les circonstances, avec cette particularité que la benne chargée, soit dans les batteaux, soit dans les wagons, élevée d'abord verticalement, continue sans interruption son chemin dans un sens transversal, au moyen d'un chariot auquel elle est suspendue se déplaçant sur un bras légèrement incliné, ce qui permet d'amener la benne, par le seul enroulement du treuil, sans autre manœuvre, jusqu'au point de déversement où elle se bascule automatiquement. Après s'être vidée, elle redescend vers le chargement simplement par son poids.

Le pont déchargeur Hunt n'est qu'une variante

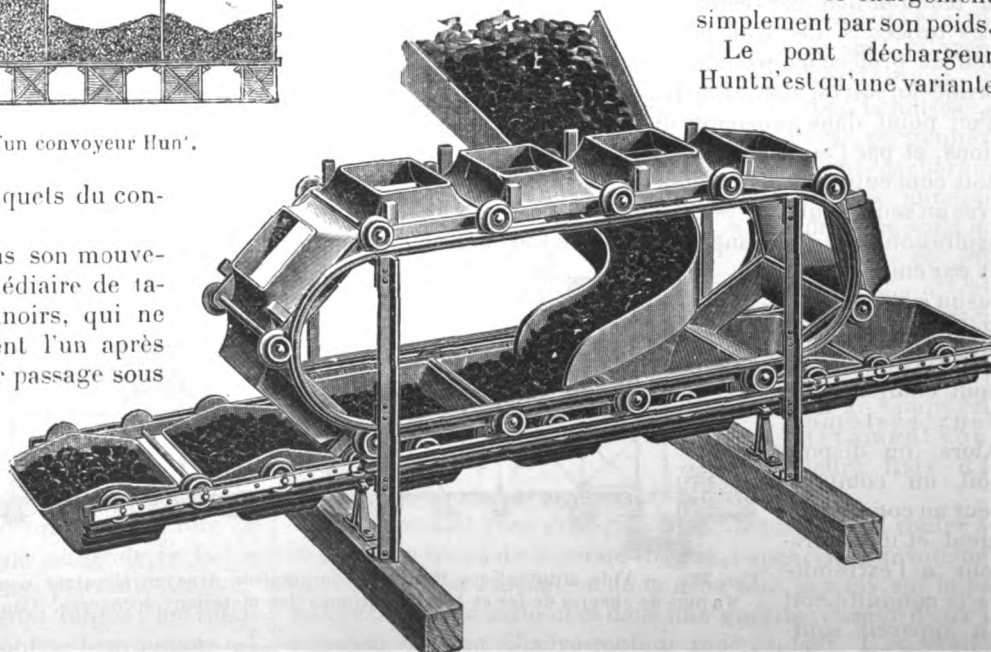


FIG. 319. — Convoyeur avec emplisseur. (Type J. Richard.)

de l'appareil précédent, avec cette seule différence que la | mie de main-d'œuvre et conviennent pour les transports à

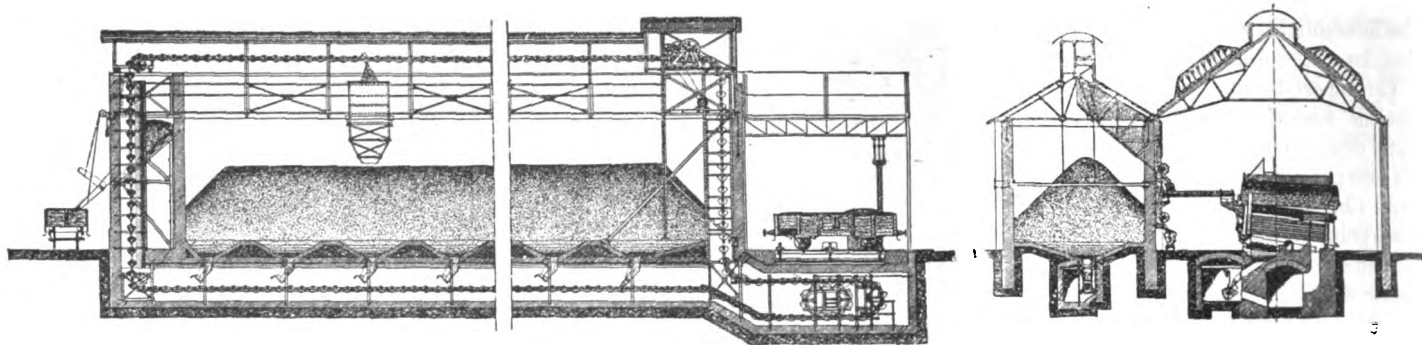


FIG. 320. — Installation de convoyeur pour la Centrale électrique Felten et Guillaume A. G. Longueur du magasin à charbon : 80 mètres ; capacité : 40 tonnes de charbon par heure. (Construction J. Richard.)

benne, une fois élevée, court ensuite horizontalement, sus- | tracés difficiles. Le pelletage dans les recoins des cales avec pendue à un chariot qui se déplace le long d'une poutre et va se décharger à un point voulu pour former un dépôt en longueur. Le chariot est commandé à distance par le treuil placé à un point convenablement choisi de la poutre. Le pont déchargeur, étant monté sur pieds mobiles roulant sur deux rails transversaux, permet de couvrir une surface considérable. Le pont déchargeur permet à la fois la mise en dépôt et la reprise au tas.

Ces appareils peuvent être disposés, suivant les cas, avec des bennes ordinaires remplies à la pelle ou avec une benne dragueuse permettant de prendre à même dans le tas, soit dans les navires, soit dans une fosse où se déchargent les wagons.

Installation pneumatique pour la manutention des céréales. —

Les procédés de transport ont lieu de préférence par l'air comprimé lorsqu'on doit transporter d'un point dans plusieurs directions, et par l'air aspiré lorsqu'on doit concentrer de divers endroits vers un seul point. Le système par aspiration peut être employé jusqu'à 150 mètres de distance | et par compression jusqu'à 300 mètres. Pour des distances supérieures, on peut combiner les deux systèmes. Alors, on dispose soit un compresseur au commencement et un aspirateur à l'extrémité de la conduite, soit un appareil soufflant au milieu. Ces élévateurs présentent une grande écono- |

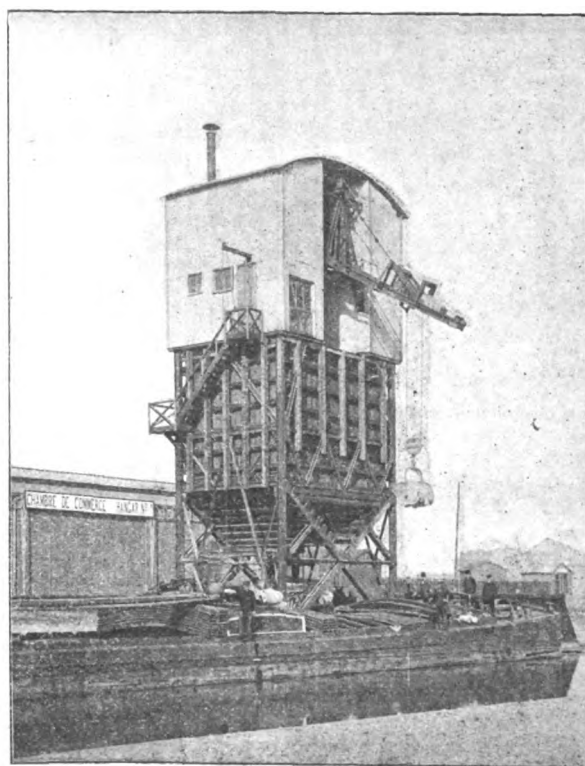


FIG. 321. — Débarquement des bateaux de charbon par élévateur Hunt à caisse basculante pour les docks de la Chambre de commerce de Cambrai. (Construction J. Richard.)

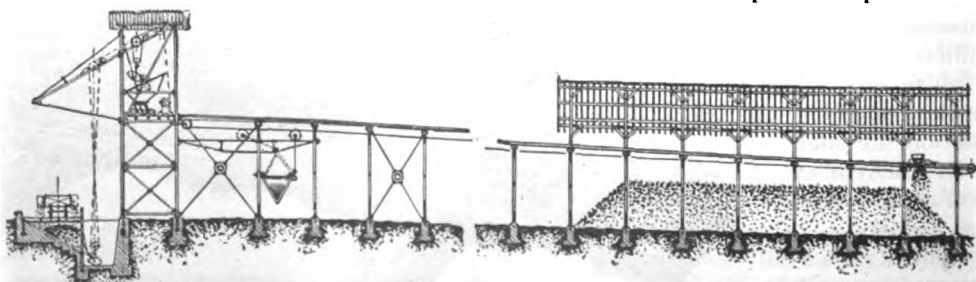


FIG. 322. — Voie automatique Hunt en combinaison avec un élévateur pour le déchargement des wagons de chemin de fer et l'emmagasinage des matériaux déchargés. (Construction J. Richard.)

matiques, 2,2 à 3 HP par heure pour élever 1.000 kilogrammes de grains. Ce chiffre est certainement trop élevé, puisqu'il se rapporte à la plus grande installation qui existe (100 tonnes à l'heure).

La manutention pneumatique des céréales, malt, etc., paraît très avantageuse lorsque le transport doit se faire à des distances assez grandes, et quand les locaux ne permettent pas l'établissement de courroies transporteuses. La conduite pneumatique, entièrement en fer et parfaitement hermétique, se prête aux dispositions les plus variées et les plus difficiles, et occupe peu de place. On peut facilement réunir d'une façon économique deux bâtiments éloignés, en supportant la conduite à l'aide de câbles.

Ce qui a limité jusqu'à présent l'emploi de la manutention pneumatique, ce sont les défauts inhérents à la plupart des systèmes connus : puissance absorbée trop élevée, bruit, poussière. Le professeur Buhle, de Dresde, indique, en effet, dans son ouvrage *Le transport des marchandises en vrac*, qu'il fallait à Hambourg, pour les grands élévateurs pneu-

matiques, 2,2 à 3 HP par heure pour élever 1.000 kilogrammes de grains. Ce chiffre est certainement trop élevé, puisqu'il se rapporte à la plus grande installation qui existe (100 tonnes à l'heure).

La maison Seck, de Dresde, prétend qu'avec ses nouvelles installations il y a de grands avantages : pour 50 mètres de tuyauterie, la puissance absor-

bée est de 0,9 à 1 HP par heure pour 1.000 kilogrammes de malt ; pour une distance de 150 mètres, 1,8 HP, et pour 200 mètres, 2,2 HP.

Autrefois, on aspirait le grain au moyen d'un simple tuyau que l'on plongeait dans la marchandise ; ce transport se faisait de manière très irrégulière, et l'on se rendit compte qu'il était nécessaire d'amener de l'air à l'endroit où se faisait l'aspiration.

Les trompes d'aspiration Seck sont basées sur le principe de l'éjecteur ; il s'établit un mélange homogène de grain et d'air qui oppose peu de résistance, ce qui réduit notablement la puissance motrice. Les céréales prises par la trompe sont envoyées dans un récipient où elles sont reprises par une roue à godets, installée de manière à ne pas endommager le grain.

Duckham et d'autres constructeurs ajustent soigneusement les surfaces métalliques, ou font de bons joints de métal sur bois ; il est en effet très important de supprimer dans la conduite toute aspérité pouvant arrêter le grain. L'air qui doit servir au transport se trouvant naturellement souillé de poussières, il importe de le nettoyer. On se sert d'un filtre à air : il comprend une capacité où l'air souillé perd de sa vitesse et se débarrasse des particules les plus lourdes ; une série de tuyaux retient ensuite les fines poussières.

Dans les installations très importantes, les filtres présentent un dispositif pour épousseter l'intérieur des tubes. La construction de la pompe à vide a subi l'influence des progrès réalisés dans le transport pneumatique. Les frères

Seck ont adopté, pour leurs installations, des pompes doubles et quadruples, aspirant une grande quantité d'air avec un petit nombre de tours ; les frottements sont diminués par suite de la faible course ; les pièces résistantes, les organes peuvent être facilement visités ; les boîtes des soupapes sont larges ; les tubulures présentent le moins de coudes possibles ; le graissage est central et les paliers sont munis de bagues.

On peut citer comme exemple l'installation pneumatique de la brasserie du baron von Speck, à Lutschena, près de Leipzig ; les pompes ont 400 millimètres de diamètre de piston, 210 millimètres de course, font 80 tours par minute à vide et la résistance est de 1,13 HP. On a transporté 3.000 kilogrammes de malt à l'heure par un tuyau de 68 mètres de long ; la résistance

totale était de 3,5 HP. Les joints de la conduite sont à rainure et languette, ils doivent être établis soigneusement.

Dans le bâtiment qui contient du malt vert, on prend la marchandise au moyen d'une vis d'Archimède et d'une trémie ; de là elle est aspirée dans un récipient placé dans le bâtiment de droite ; la pompe à vide se trouve dans le même local que le récipient. Au-dessous sont les machines de la brasserie proprement dite.

Dans la brasserie Habel, de Berlin, l'orge est prise dans le silo et envoyée dans des transporteurs aé-

riens, lesquels peuvent également recevoir l'orge provenant de la cave située dans la partie droite du bâtiment. Au premier étage, près de l'escalier, se trouvent les appareils pour le nettoyage du malt, la pompe à vide et les filtres.

Toutes ces installations se caractérisent par leur simplicité.



FIG. 323. — Déchargement des bateaux de charbon par un élévateur Hunt, à benne dragueuse, combiné avec un transporteur aérien par câbles. (Construction J. Richard.)

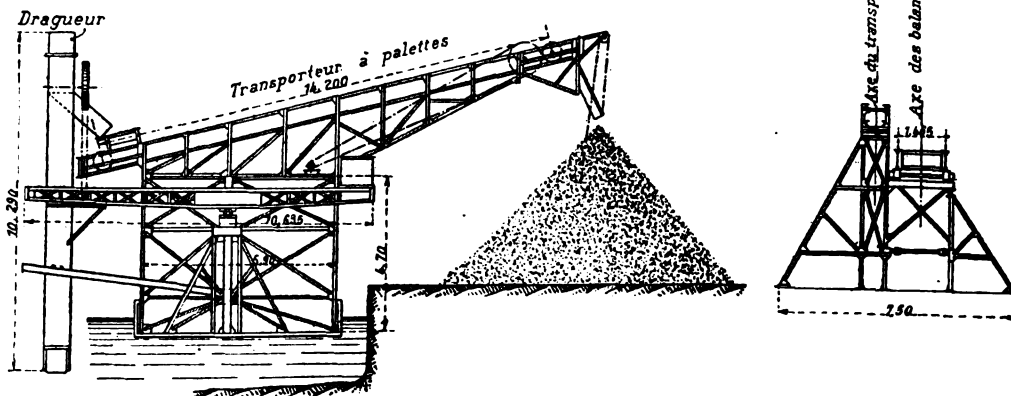


FIG. 324. — Élévateur-dragueur et transporteur à palettes pour déchargement de sable et cailloux. (Construction de la Société « La Manutention mécanique industrielle ».)

Ponts transbordeurs roulants.

Les ponts transbordeurs roulants servent au transbordement des marchandises en vrac, particulièrement des charbons et des minerais, dans les ports maritimes et intérieurs. Leur grande capacité de transport permet de recouvrir en un temps relativement court leurs frais d'ac-

quisition, pourtant considérables.

On les établit avec grue pivotante, laquelle peut rouler sur le pont. Le treuil de la benne-drague, l'appareil de pivotement et l'appareil de translation de la grue sont montés sur la partie tournante de celle-ci et dans une guérite ; chacun d'eux est actionné par un électro-moteur indépendant. L'appareil de translation est placé au milieu.

Tous les leviers pour les différentes manœuvres sont disposés dans la guérite de la grue, de telle façon que le conducteur les ait parfaitement sous la main et puisse suivre des yeux tous les mouvements de la benne-drague.

A l'extrémité terre du pont est placée une trémie pour le déversement du charbon dans des wagonnets. Un clapet ajustable permet de régler à volonté le remplissage de ces derniers.

Pour prévenir le déplacement du pont sous l'action du vent, on munit l'appareil de translation du pont d'un frein électromagnétique; il y a en outre des dispositifs qui empêchent le versement du pont, même par les vents les plus violents. Enfin, les moteurs possèdent des disjoncteurs automatiques qui préviennent, dans la mesure du possible, les endommagements du pont transbordeur, par suite d'inattention du personnel.

Les ponts transbordeurs avec chariots de levage servent aux mêmes usages que ceux avec grues.

Le pont est constitué par une charpente de fer en treillis, pourvue à l'extrémité eau d'une flèche mobile s'étendant au-dessus des bateaux. La flèche est assemblée avec le pont par de robustes articulations. Le rabattement et le relèvement de la flèche s'effectuent au moyen de solides câbles métalliques; ceux-ci passent au-dessus d'un chevalement monté sur le jambage du pont du côté de l'eau et s'enroulent sur un treuil établi à l'extrémité terre du pont.

Dans la position de travail, la flèche est maintenue par des tirants articulés qui déchargent complètement les câbles de relevage.

Le pont est pourvu de deux chemins de roulement superposés. Celui du bas sert au chariot de levage, tandis que celui du haut porte une bascule additionnant automatiquement les poids transbordés. Pour peser, on amène le chariot de levage

sous la bascule et on laisse descendre l'appareil de levage avec le fardeau suspendu. Les mécanismes de levage et de translation sont actionnés chacun par un électro-moteur indépendant.

Le poste du conducteur est disposé sous le chariot de levage, en sorte que le conducteur ne puisse pas perdre un mouvement des opérations en vue.

L'installation réalisée dans le port de la ville de Breslau (fig. 333) par la maison Fried. Krupp montre tout le parti que l'on peut tirer des transbordeurs roulants actionnés à l'électricité.

Cette installation sert à transborder des wagons entiers de charbon dans les bateaux. Elle se compose d'un chariot transbordeur à deux voies avec cabestan, d'une plate-forme basculante et d'une charpente fixe à voie surélevée portant un pont-grue et une benne de déchargement. Sur le chariot transbordeur se trouve la guérite pour le conducteur, abritant le mécanisme de translation et le mécanisme d'actionnement du cabestan.

La plate-forme basculante constitue l'extrémité d'une troisième voie, qui se trouve entre deux voies d'amener et est destinée au retour des wagons vides. La dite plate-forme peut basculer autour d'un arbre encastré de telle façon que le wagon chargé, se trouvant sur une moitié de la plate-forme, est amené dans la posi-

tion inclinée, nécessaire à la vidange, uniquement par le poids de la benne de déchargement descendue sur l'autre moitié. En levant la benne, la plate-forme reprend la position horizontale. Pour caler le wagon sur la plate-forme et bloquer celle-ci au repos, il y a des dispositifs automatiques.

La charpente de la voie surélevée, constituée par des poutres en treillis, de 70 mètres de longueur et 14 mètres de largeur, surplombe l'eau, à chacune de ses extrémités, de 11 mètres.

L'appareil de levage et l'appareil de basculement sont

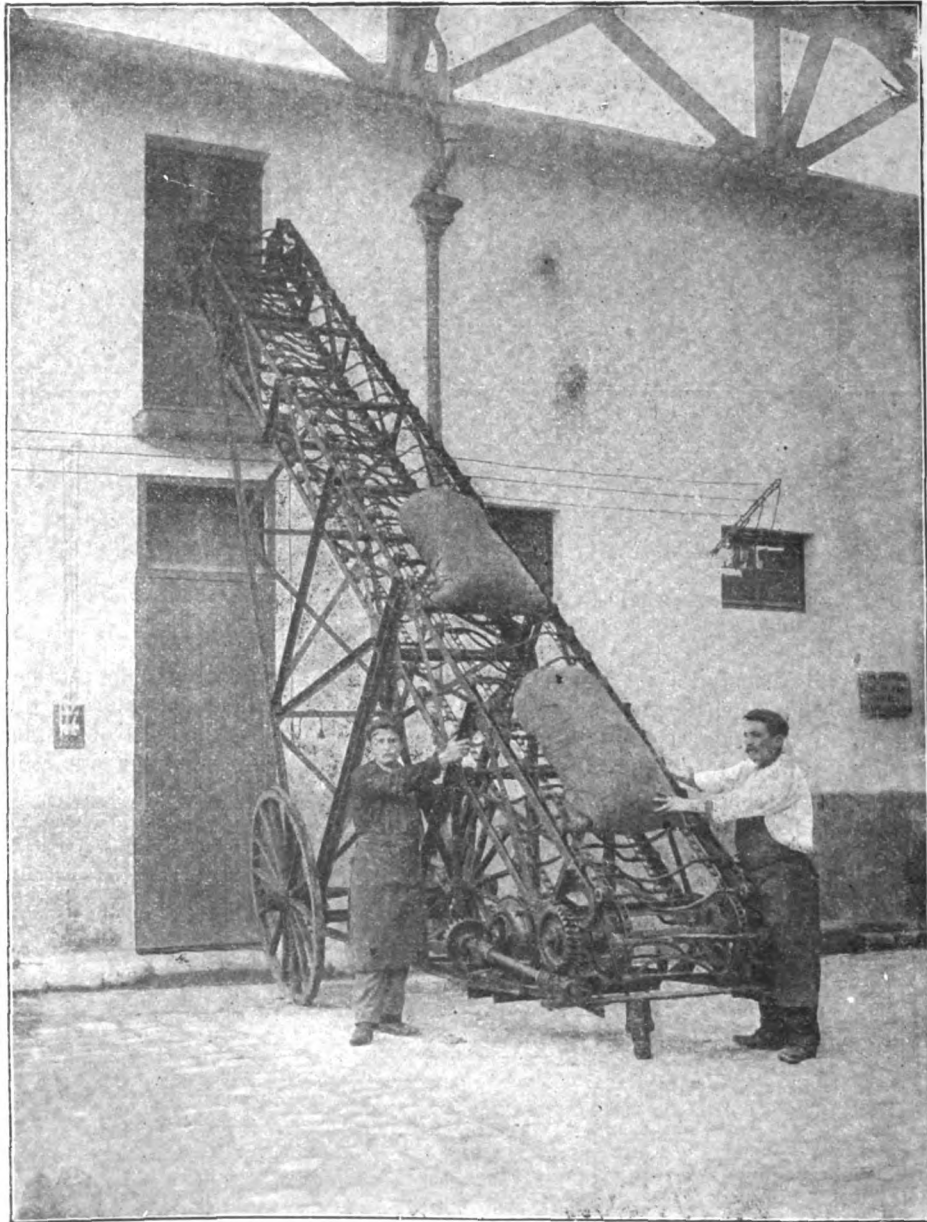


FIG. 325. — Élévateur mobile de sacs à mouvement continu, de 300 sacs de 100 kilos à l'heure. (Construction de la Société « La Manutention mécanique industrielle ».)

montés sur une plaque tournante; ils sont placés avec les appareils de déplacement circulaire et transversal du fardeau dans une guérite établie sur le chariot de levage. Le mécanisme de translation du pont roulant est fixé à la poutre de ce dernier. Les appareils de commande sont pourvus de freins électromagnétique et, hormis l'appareil de pivotement, ils sont également équipés de disjoncteurs automatiques de fin de course.

Tous les leviers pour les différentes manœuvres sont dans la cabine du conducteur, adaptée sous le pont roulant de la grue, d'où l'on peut observer la benne dans quelque position qu'elle se trouve.

Pendant le fonctionnement de l'appareil, les wagons sont amenés sur deux voies, conduits par le cabestan sur le chariot transbordeur, placés par celui-ci sur la voie du milieu et tirés alors par le cabestan sur la plate-forme basculante. Ensuite, la benne est descendue au moyen du pont roulant sur la plate-forme; celle-ci bascule, et le wagon, dont on a dégagé une paroi extrême, se décharge automatiquement dans la benne.

Après cela, la benne est remontée, amenée au-dessus du chaland et renversée; alors le clapet de fermeture s'ouvre automatiquement et la charge se déverse. Pendant ce temps, le wagon vide est

repoussé de la plate-forme, redevenue horizontale, sur la voie du milieu et un autre wagon chargé, maintenu prêt sur le chariot transbordeur, est roulé sur la plate-forme basculante. La charge peut être distribuée à volonté dans la cale du chaland. En marche régulière et avec des coutelles pas trop petites, on peut transborder 12 wagons et plus par heure. La conduite de l'installation complète exige quatre hommes : un sur le chariot transbordeur, deux au basculeur et un sur la grue.

Ponts transporteurs. — Ces ponts transporteurs sont d'une

application tout indiquée quand il s'agit de transborder des matières en vrac ou des colis d'un navire au wagon de chemin de fer, pour les mettre en dépôt à une certaine distance, et les reprendre ensuite pour les recharger en navires, wagons ou autres appareils de transport. Pour certaines catégories de matières, telles que charbon, minerai, sable, etc., ces ponts travaillent avantageusement avec pelle automatique ou bien avec caisson à déversement automatique; pour la manœuvre de colis, ils travaillent avec un simple crochet au-

quel la charge est suspendue, soit au moyen de cordes, soit dans des réceptacles appropriés.

Ils peuvent aussi trouver une application avantageuse dans de grands travaux de construction, creusement de canaux, confection de digues, etc., où la charge doit être prise et déposée à des endroits quelconques et enfin dans les chantiers ou cours d'usines, pour le déplacement de grosses pièces, poutres, etc.

Quand il s'agit de matières ou de matériaux fragiles, ne supportant pas la chute, les ponts transporteurs permettent de déposer ou de déverser la charge à la hauteur voulue, que le mécanicien règle facilement et rapidement de sa place.

Le pont transporteur Hunt consiste essentiellement en un pont fixe ou mobile, appuyé soit sur

deux piliers d'extrémité, soit sur une pile médiane, ou bien encore fixé aux charpentes de bâtiments existants et pourvu d'un mécanisme de levage.

Le pont transporteur comporte un treuil moteur spécial à deux tambours, sur chacun desquels vient s'enrouler un des deux câbles supportant la charge. Les deux tambours du treuil sont montés sur le même axe indépendamment l'un de l'autre, et peuvent tourner dans le même sens ou en sens contraire. Chaque câble, fixé par l'un de ses bouts au tambour qui lui correspond, est dévié, vers l'une des extrémités du pont, au

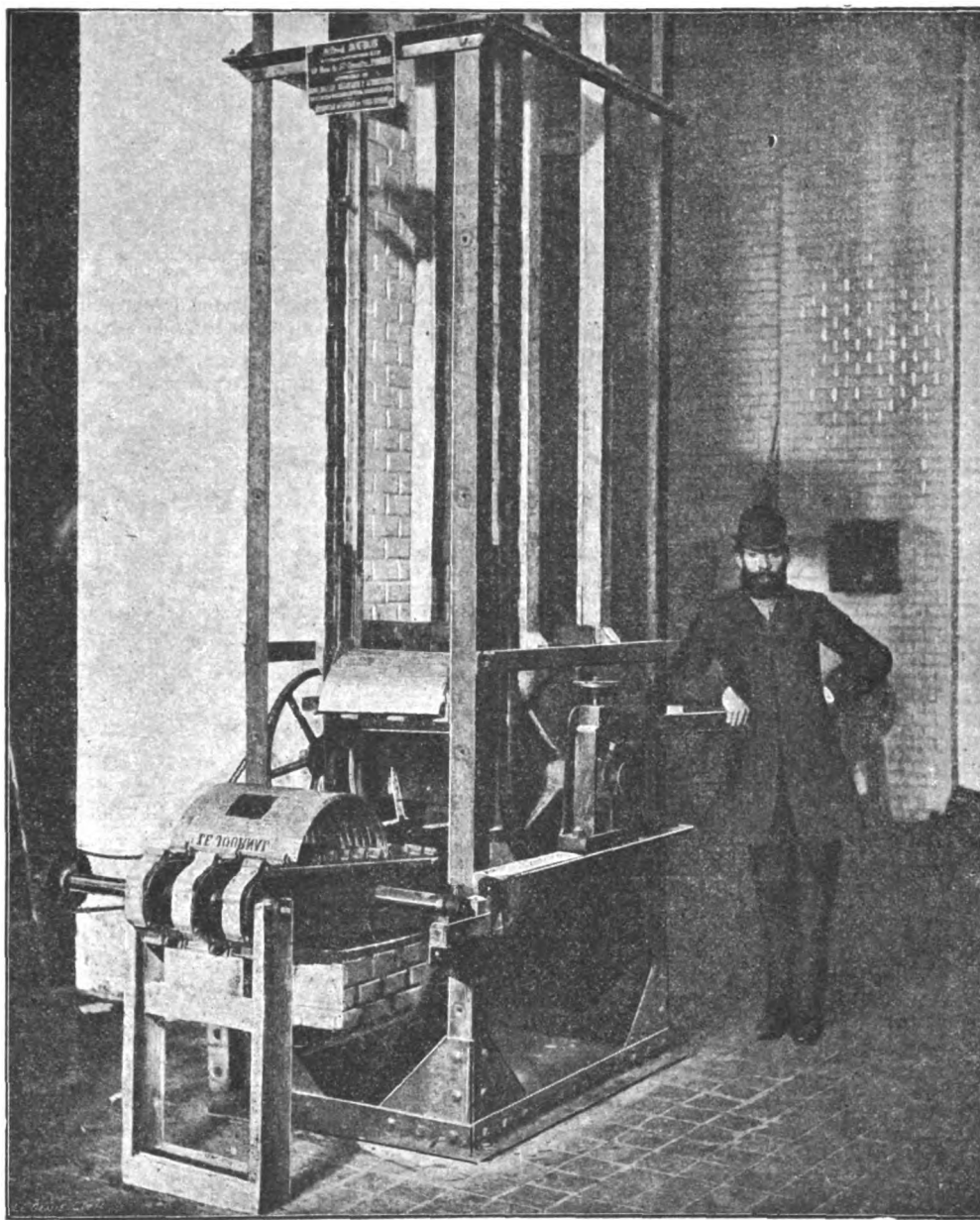


Fig. 326. — Élévateur continu et déchargeur automatique pour clichés et journaux.
(Construction de la Société « La Manutention mécanique industrielle ».)

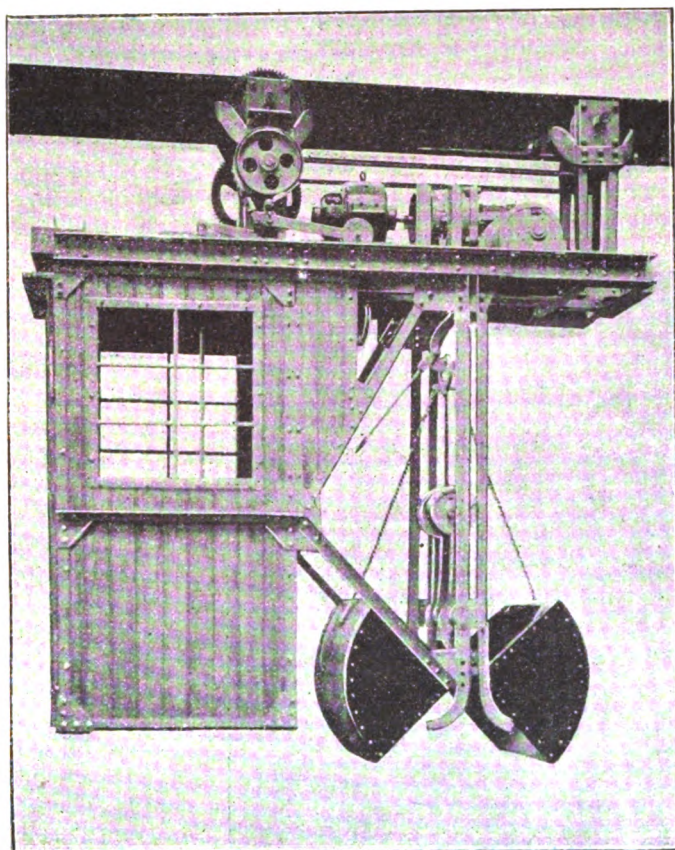


FIG. 327. — Chariot transbordeur à cabine à levage et translation électriques. (Construction de la Société « La Manutention mécanique industrielle ».)

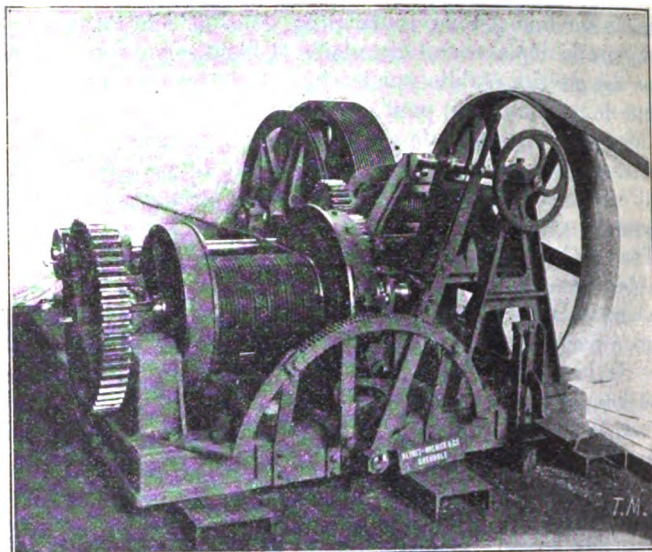


FIG. 328. — Treuil de transbordeur pour charges faibles et moyennes. (Construction Neyret-Brenier.)

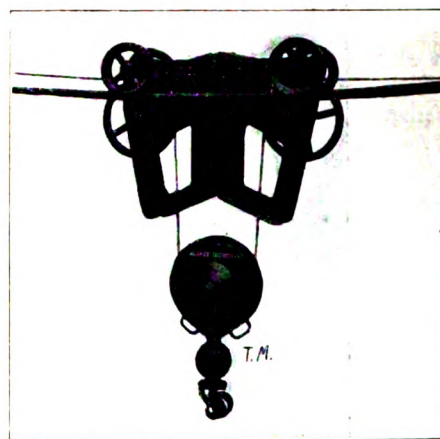


FIG. 329. — Chariot de transbordeur-élévateur. (Système Neyret-Brenier.)

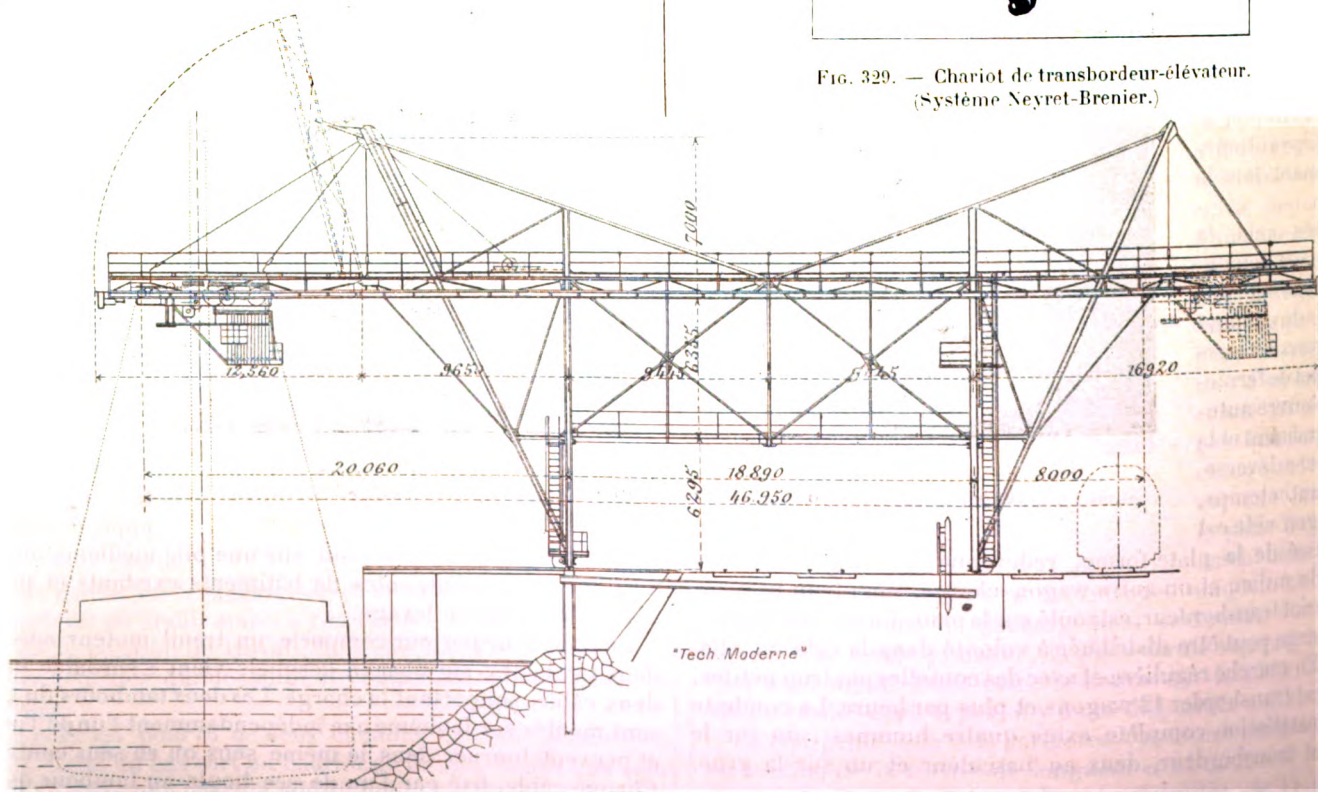


FIG. 330. — Pont roulant de transbordement sur l'Adour pour combustibles et minerais. (Système Ad. Bleichert.)

moyen de poulies de direction ; il repasse ensuite sur un chariot unique mobile et est attaché par son autre extrémité à la charge. Le fonctionnement de l'appareil est le suivant : les tambours tournant dans le même sens enroulent ou déroulent les deux câbles de quantités égales, ce qui a pour effet de lever ou de descendre la charge. Par la rotation en sens contraire des tambours, l'un de ceux-ci enroule une longueur du câble qui lui correspond, égale à la longueur déroulée par l'autre tambour, et le cheminement du chariot se produit le long du pont, la charge restant à la hauteur acquise. Si l'un des tambours est actionné moins rapidement que l'autre, la levée ou la descente se font suivant une direction inclinée. Il s'ensuit donc que, au moyen du pont transporteur, le parcours de la charge est réduit à son minimum, puisque celle-ci peut être transportée en ligne droite du point où elle est saisie jusqu'au point où elle est déposée, si toutefois aucun obstacle local ne se trouve sur le parcours. Le treuil peut être actionné électriquement ou à la vapeur.

Étant donné leur mode de fonctionnement, les ponts transporteurs ne doivent pas être tournés pendant la manœuvre. Ils peuvent dès lors être pourvus d'une portée suffisamment longue s'étendant sur deux ou même trois navires, et permettant ainsi le transbordement le plus direct, d'un navire à l'autre sans entraves dues aux agrès. Cet avantage est surtout appréciable pour le chargement et le déchargement d'un navire dans un autre navire, pour le transport des matériaux dans les chantiers, pour les travaux de constructions navales et analogues. Ces appareils permettent d'obtenir des résultats impossibles à atteindre avec des grues pivotantes ou appareils similaires.

Appareils pour la manutention du charbon et des cendres. — La firme Ed.

Bennis and Co, Ltd, de Little Halton, de Bolton, a installé à l'usine d'électricité de Coventry, lors des agrandissements de cette dernière, des chargeurs mécaniques pour le charbon et les cendres, qui suppriment pour ainsi dire totalement le travail manuel, depuis le moment où le combustible est extrait du chaland qui l'apporte jusqu'au moment où les cendres et

les résidus de la combustion sont rechargés dans des véhicules pour l'enlèvement.

L'installation comporte quatre transporteurs : 1° un appareil destiné au déchargement des bateaux ; 2° un appareil collecteur ; 3° un appareil transporteur de charbon, à augets, et 4° un appareil transporteur de cendres.

Le premier de ces transporteurs est disposé de façon à permettre un déchargement aussi facile que possible des chalands chargés de charbon venant à quai dans le canal situé à proximité de l'usine ; il est logé dans un caniveau parallèle au canal et permet aisément d'effectuer un déchargement de 20 tonnes de charbon par heure.

Cet transporteur est du type Bennis (*fig. 336*), qui consiste en une série de maillons en U découpés dans des bandes plates en acier doux, et la chaîne sans fin que

constituent ces maillons se déplace dans une auge en fer. Grâce à cette dernière on peut jeter le charbon en un point absolument quelconque sur toute la longueur du transporteur.

Le transporteur-collecteur (*fig. 335*) est installé également dans un caniveau et placé à 90° du transporteur précédent ; il est disposé de façon à recevoir le combustible provenant soit du

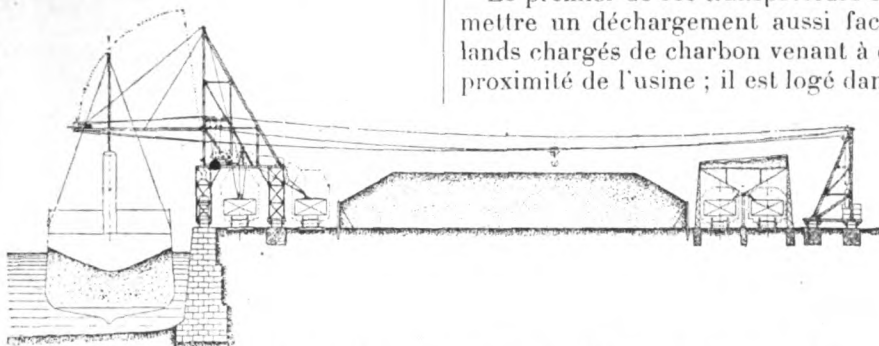


FIG. 331. — Transbordeurs sur câbles pour déchargement de bateaux et mise en tas. (Construction de la Société « La Manutention mécanique industrielle ».)

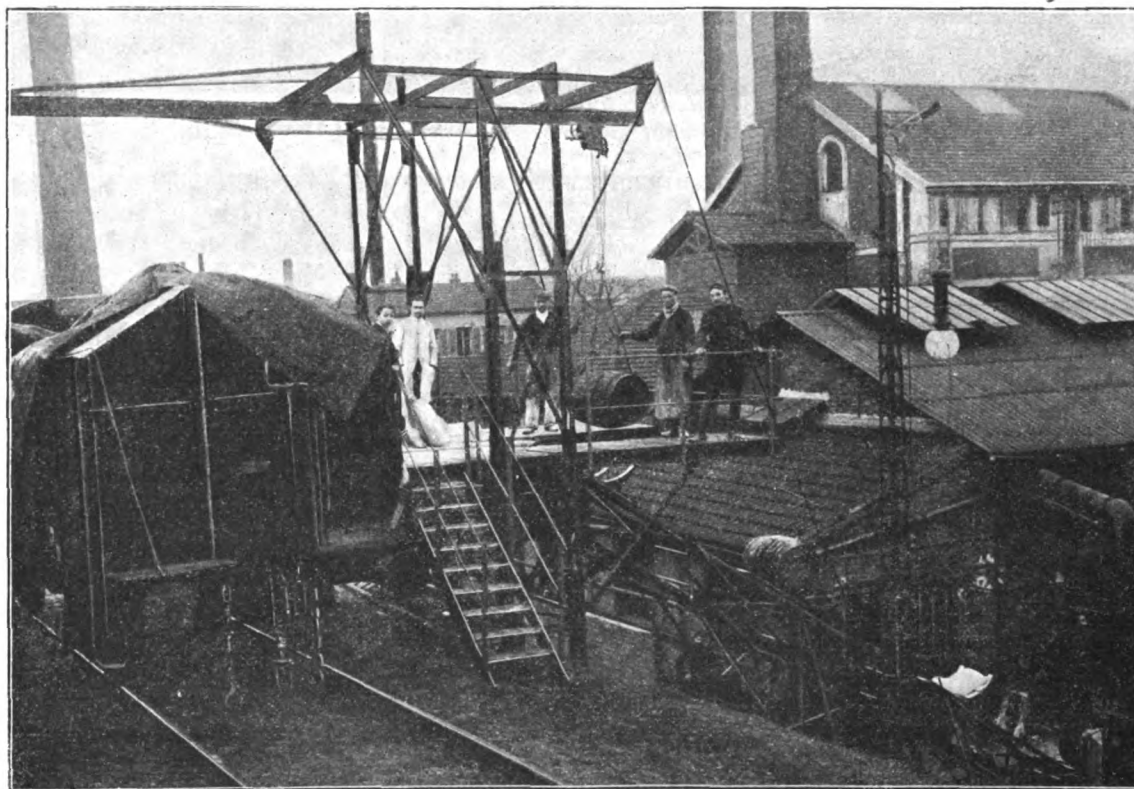


FIG. 332. — Déchargement de fûts par chariot transbordeur et descendeur automatique sur plan incliné. (Construction de la Société « La Manutention mécanique industrielle ».)

transporteur décrit plus haut, soit, éventuellement, d'un magasin temporaire, et il peut, en outre, charger le charbon dans une trémie disposée de façon à permettre l'alimentation des augets à contrepoids. Sa vitesse est deux fois plus grande que celle du transporteur destiné au déchargement des chalands, et il déplace le combustible à raison de 40 tonnes par heure.

Le transporteur de cendres est porté par une légère charpente en acier ; il prend les cendres de la soule suspendue et les conduit dans les chalands du canal ou dans des charrettes.

Contrepoids que le wagonnet a soulevé lors de sa descente, alors qu'il était chargé. Le déchargement du wagonnet en un point quelconque s'obtient en déplaçant une came qui fait

ouvrir les côtés. Le fonctionnement d'un tel chemin de fer automatique, qui n'exige aucune force motrice, permet de décharger plus de 100 tonnes à l'heure avec un seul ouvrier.

Cet appareil est applicable sur poutre mobile, ce qui permet de faire des dépôts sur une surface considérable sans grande dépense.

La manutention mécanique du charbon dans les grands dépôts de la Compagnie d'Orléans s'opère de la façon suivante : des bennes automatiques prennent le charbon dans les wagons et le déchargent sur des tas parallèles aux voies où se trouvent ces wagons. Les fonds de

Sur le parcours du transporteur se trouve un pont à bascule Ingrey destiné à jeter le charbon.

Chaque transporteur est actionné par un moteur spécial ; le poids de la chaîne avec augets, complète, est de plus de 14 tonnes et sa commande exige une force de 7 HP.

L'installation complète de manutention est actionnée par les moteurs suivants : un moteur de 5 HP pour la chaufferie, un moteur de 7 HP pour les augets à contrepoids, un moteur de 3 HP pour le transporteur de cendres, un moteur de 3 HP pour le mouvement transversal et un moteur pour le transporteur-collecteur.

Le chemin de fer automatique système Hunt consiste en une

voie en pente douce, établie sur estacade ou sur un pont mobile, sur laquelle circule, par l'effet de la gravité, un wagonnet de construction spéciale qui, après avoir déchargé automatiquement son contenu en un point quelconque de son parcours, revient de lui-même à son point de départ. Ce retour automatique est obtenu par un câble sans fin rappelé par un

wagons sont déchargés à la main dans des fosses, où ils sont repris par la benne automatique. Pour le chargement sur machines, la benne pousse le charbon au tas et le déverse dans des wagons-trémies de 30 tonnes de capacité. On emmène

ces wagons-trémies près d'estacades surélevées et on les décharge dans des berlines de 500 kilogrammes de capacité. Ces berlines sont ensuite montées par des ascenseurs en haut des estacades et déversées dans les tenders.

Ces nouvelles dispositions ont permis de réduire les parcs à charbons situés près des dépôts et d'utiliser l'espace ainsi libéré. De cette façon, le parc est limité par l'encombrement occupé par l'estacade et le dépôt des

briquettes. Un même parc pourra même desservir plusieurs dépôts : les wagons-trémies constituant des réservoirs intermédiaires viendront se remplir aux parcs chaque jour et seront emmenés aux estacades de chaque dépôt. En outre, ces installations offrent l'avantage de pouvoir faire des mélanges de combustibles sans dépenses notables, soit au moyen de

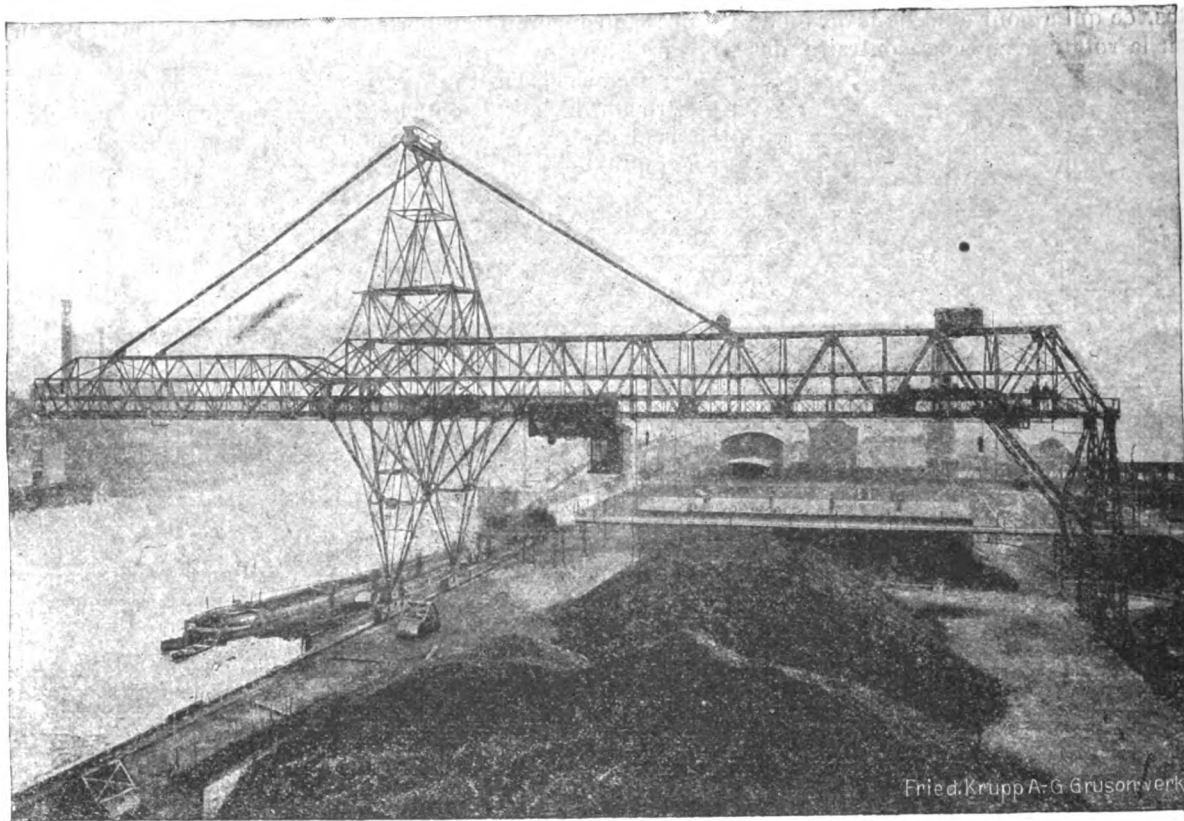


FIG. 333. — Pont transbordeur roulant. (Construction Fried Krupp, A. G.)

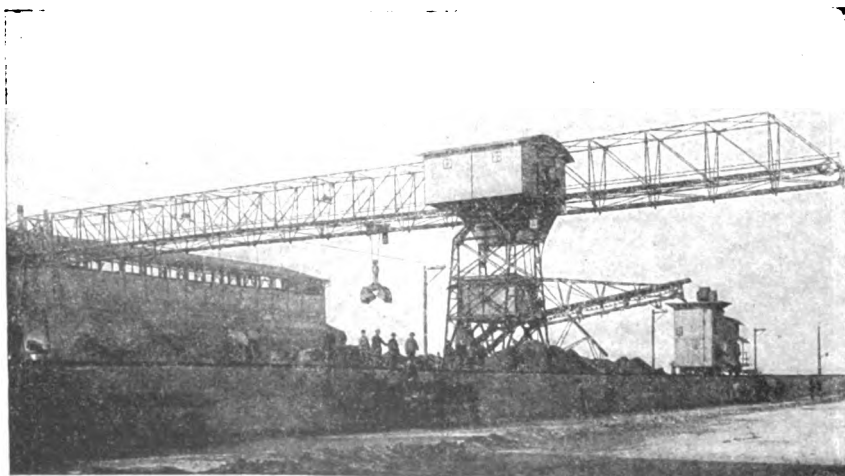


FIG. 334. — Mise en dépôt et reprise de coke par un pont Hunt, à Lenne dragueuse. (Construction J. Richard.)

benne automatique sur les tas, soit avec les wagons-trémies au déchargement dans les berlines.

Chargeurs pour chaudières. — Les chargeurs mécaniques pour chaudières permettent d'éviter, pour ainsi dire, d'une façon absolue, toute poussière ou fumée, mais ils ne peuvent réaliser cette condition que si on ne leur demande pas un rendement supérieur à celui dont ils sont capables. De plus, ils ont l'avantage de prévenir l'émission, par le sommet de la cheminée, de graviers, de poussières ou de petites particules de coke ; ceci ne s'obtient toutefois que si le chargeur n'est pas employé concurremment avec une soufflerie trop puissante.

Le chargeur Bennis à haute température est constitué par un appareil muni d'une hotte dans laquelle le combustible est amené à la façon ordinaire. Sous cette hotte sont disposés des arrêts, destinés à isoler complètement la hotte de charbon du feu quand on le désire, soit que l'on veuille arrêter la machine, soit que l'on veuille charger les feux.

Dans ces arrêts sont placées des boîtes doubles d'alimentation avec leviers de pression permettant de fournir le charbon au foyer, alternativement et par intermittence.

Le mécanisme qui actionne les distributeurs de charbon est constitué par une paire de cames en cornes de bœuf, réglables et que l'on commande par des volants à main.

Le foyer principal de l'appareil est constitué par de puissants barreaux avec air comprimé ayant un mouvement de va-et-vient permettant un nettoyage mécanique ; mais les deux barreaux extérieurs n'ont qu'un très léger mouvement, de façon que le combustible ne traverse pas aussi vite la partie antérieure du foyer que les autres parties.

Dans le chargeur Bennis, lorsque le combustible à l'état

de coke quitte la grille, il doit tomber d'une certaine hauteur, et comme il tombe, la masse de combustible, particulièrement

passée à l'état de coke, se casse en plusieurs fragments, ce qui permet à l'air de traverser librement le coke incandescent. Le combustible passe ensuite à l'arrière, le long des barreaux à air comprimé, rencontrant sur son passage de l'air à différentes pressions. La quantité d'air est donc insufflée automatiquement pour brûler le combustible reposant sur les barreaux. A l'extrémité du foyer se trouve un plancher plein, de façon que le laitier ne puisse pas tomber à l'extrémité des barreaux et qu'il ne puisse y avoir d'espace découvert.

Les voies suspendues électriques (fig. 339 à 342) ont trouvé un champ d'application très vaste pour l'alimentation en charbon des chaudières dans les centrales électriques et usines de tous genres. Ces installations peuvent servir en même temps pour le transport des cendres et mâchefers sans que les frais d'entretien soient augmentés.

Un seul wagonnet suffit pour un débit horaire maximum de 12 tonnes. Une installation de ce genre peut être définie comme suit : la benne vide est descendue sur le sol du dépôt où on l'échange contre une benne pleine ; à l'entrée du bâtiment des chaudières, le wagonnet passe sur une bascule automatique, qui en prend le poids net et fait chaque fois l'addition du total transporté ; au-dessus des silos, le verrou qui tient fermés les clapets latéraux heurte un butoir mobile et cesse de retenir les clapets, lesquels s'ouvrent naturellement et laissent tomber le charbon. Le butoir est

placé à l'endroit désiré à l'aide d'un petit treuil.

Pour la commande, un ouvrier suffit, et celui-ci procède en outre au chargement près des trémies.

Dans la nouvelle usine de Saint-Ouen de la Compagnie

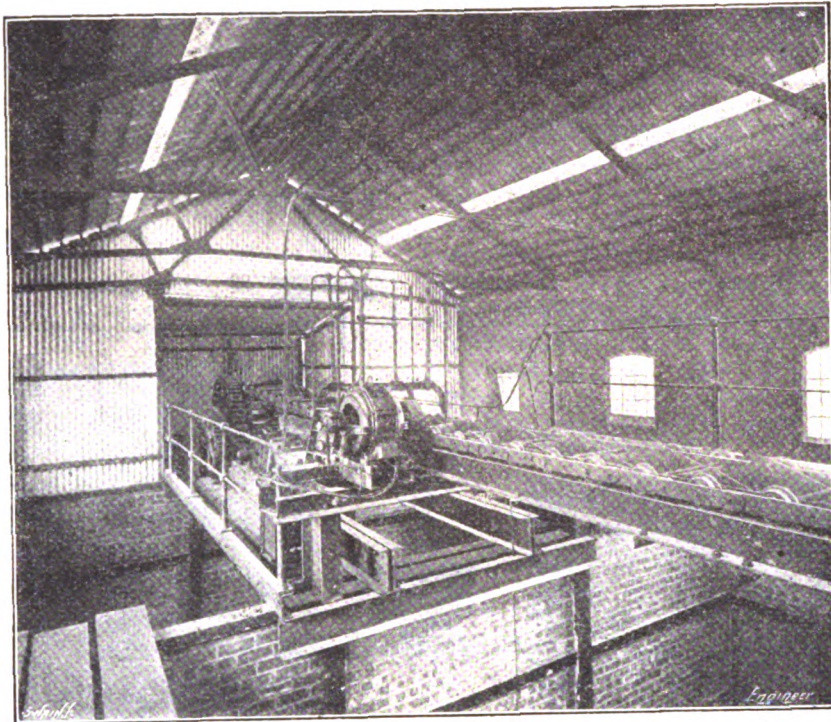


FIG. 335. — Transporteur Bennis avec son moteur de commande.

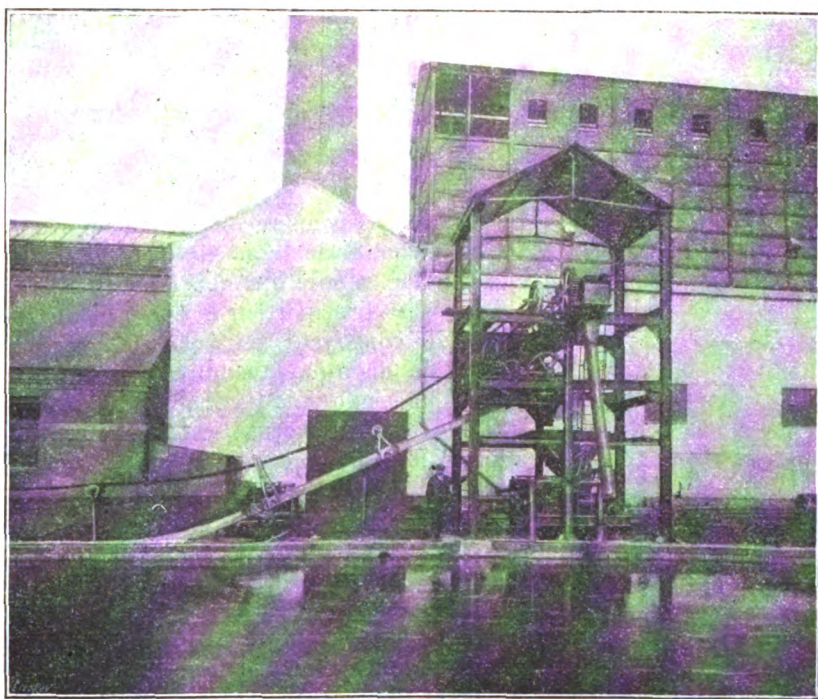


FIG. 336. — Transporteur à charbon Bennis et rigole de déversement des cendres sur le quai d'un canal.

parisienne de distribution d'électricité, où la production de vapeur est assurée par 30 chaudières Babcock et 10 chaudières Belleville, le charbon est emmagasiné dans des silos placés en arrière des chaufferies et l'approvisionnement est assuré par voie de fer et par voie d'eau. Un raccorde-

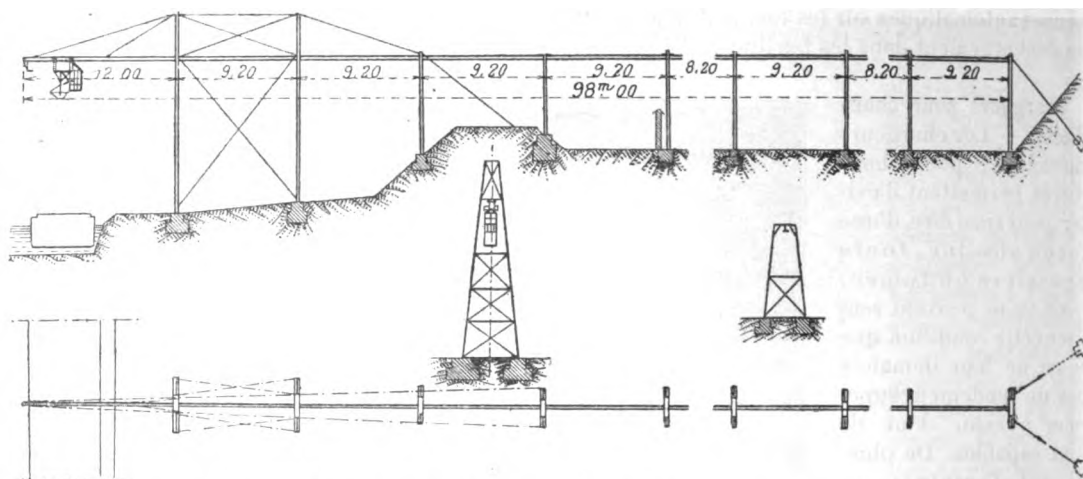


FIG. 337. — Déchargement et mise en tas de charbon et de naphthaline par chariot électrique transbordeur et rails suspendus. (Construction de la Société « La Manutention mécanique industrielle ».)

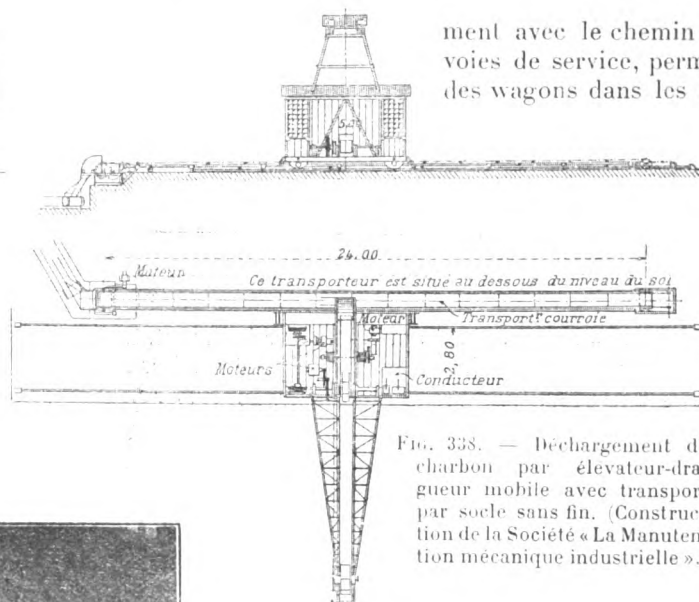
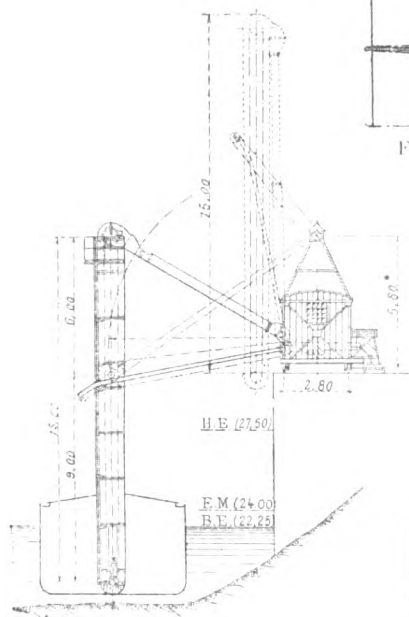


FIG. 338. — Déchargement de charbon par élévateur-dragueur mobile avec transport par socle sans fin. (Construction de la Société « La Manutention mécanique industrielle ».)

ment avec le chemin de fer du Nord aboutit à deux voies de service, permettant le déchargement direct des wagons dans les trémies situées à l'arrière des silos.

Le charbon amené par bateaux est d'abord déchargé à l'appontement en Seine par une grue à benne piocheuses, qui le déverse dans des trémies, sous lesquelles circulent des wagonnets électriques, qui transportent le charbon à l'usine dans les trémies.

Un convoyeur général à godets par rue de chauffe fait le tour des silos et des chaufferies, où il mène directement le charbon, soit dans les réserves des rues de chauffe, soit dans les silos.

Le même convoyeur reçoit, de transporteurs spéciaux, au rez-de-chaussée de la chaufferie, le mâchefer qui est déversé dans des silos spéciaux établis à l'extrémité des silos à charbon.

Un réseau transporteur aérien à benne piocheuse est prévu pour suppléer au convoyeur en cas d'arrêt, de façon que la manutention mécanique du combustible et des scories soit assurée d'une façon ininterrompue.

Dans les carrières, la grue pivotante est remplacée avantageusement par un **chevalet de chargement** roulant sur rails. Outre sa stabilité plus grande, ce dernier offre encore sur la grue pivotante l'avantage de déplacer horizontalement le fardeau non pas suivant une courbe, mais suivant une ligne droite, ce qui donne une économie de temps et de frais d'exploitation.

Le chevalet porte, disposé dans une cabine, tout l'appa-

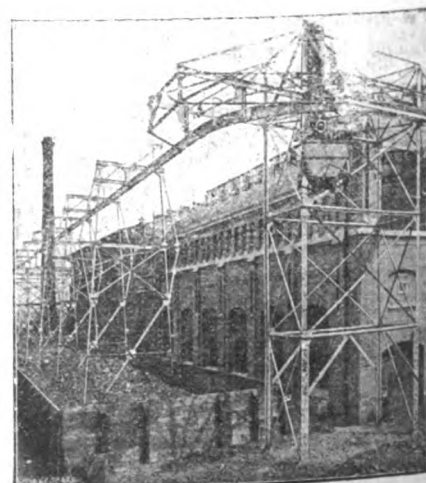


FIG. 340. — Voie suspendue électrique pour alimentation de charbon de chaudières. (Construction Ad. Bleichert.)

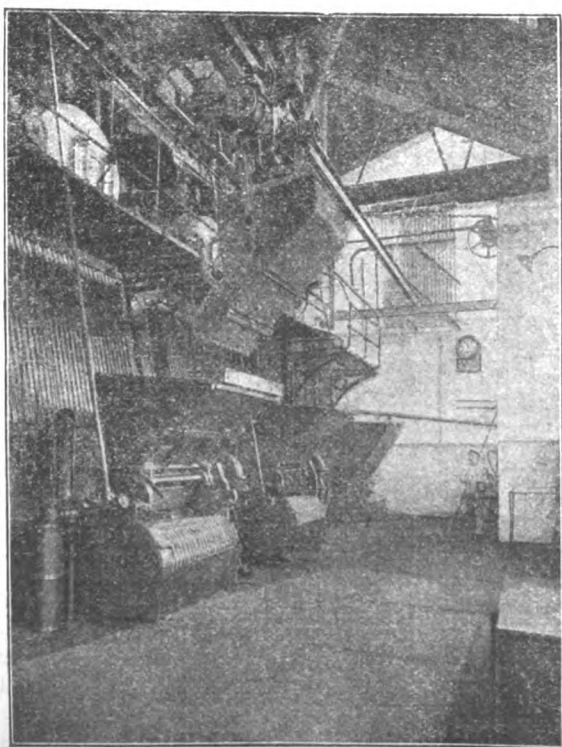


FIG. 339. — Voie suspendue électrique pour alimentation de chaudière. Prise dans la chaufferie. (Construction Ad. Bleichert.)

reil de levage. L'avancement du chevalet se fait à la main, au moyen de manivelles, et des chasse-pierres, assujettis à la charpente, font fonction d'étau en cas de rupture de roue. En outre, il y a des dispositifs spéciaux pour empêcher qu'en cas d'ouragan le chevalet ne se mette de lui-même en mouvement.

En fonctionnement, le wagon chargé est roulé, dans la carrière, sur le chevalet; la caisse du wagonnet est enlevée du châssis, montée, déplacée horizontalement et descendue sur un autre châssis de wagonnet, qui se trouve prêt au niveau du sol, sous le chariot chargeur. Avec ce genre d'engin, on peut en moyenne exécuter trente fois cette opération par heure, mais on peut en pousser le nombre à cinquante.

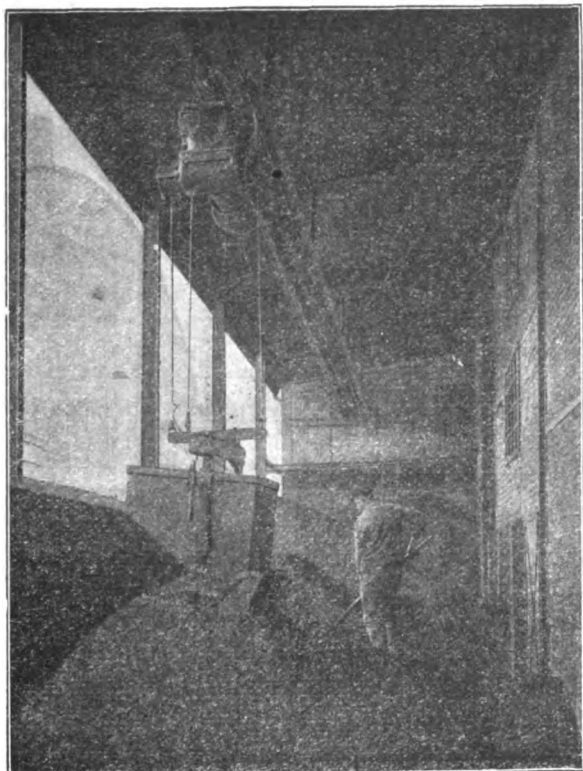


FIG. 341. — Voie suspendue électrique pour alimentation de chaudières. Prise du charbon dans le hangar. (Construction Ad. Bleichert.)

Câbles transbordeurs. — Ce sont des transporteurs, analogues aux transporteurs aériens, mais qui permettent de donner à la charge un mouvement de montée ou de descente par rapport au chariot de roulement. Ces appareils sont surtout employés, pour la construction des ponts et des viaducs, le déchargement des bateaux, la traversée des rivières, etc. En principe, un tel appareil se compose d'un ou plusieurs câbles porteurs tendus entre deux pylônes extrêmes et servant de chemin de roulement au chariot portant la charge. Le chariot est animé d'un mouvement de translation alternatif par l'intermédiaire d'un câble tracteur sans fin. En outre, un câble spécial de levage, tendu lui aussi entre les deux pylônes extrêmes, permet de réaliser les mouvements de la charge dans le sens vertical. Le chariot, outre les galets de roulement, porte des poulies de guidage pour le câble de levage et le tracteur. Aux flasques sont amarrées les deux extrémités de celui-ci.

Les chariots sont établis soit pour que la charge soit constamment suspendue au câble, soit pour que la charge, à la partie de sa course, vienne se suspendre automatiquement à

un crochet, laissant ainsi le câble d'élévation absolument libre pendant toute la durée de la translation.

Le treuil assure à la fois le mouvement de levage et celui de translation. Il peut être commandé par un moteur ou une transmission quelconque. Des freins puissants permettent l'arrêt rapide des différents mouvements.

Le ravitaillement en charbon, au cours des longs voyages, est un problème des plus importants, surtout pour les navires de guerre. Si le navire est obligé de faire relâche dans un port, il est exposé à perdre un temps souvent précieux. En temps de guerre, cette ressource peut même lui faire défaut. Aussi a-t-on cherché depuis longtemps à **approvisionner les navires en mer même**, à l'aide de chalands ou charbonniers chargés de combustible et au moyen d'appareils permettant d'effectuer le transbordement sans arrêter la marche des vaisseaux.

L'une des solutions les plus pratiques de ce problème est due à l'ingénieur américain Spencer Miller, dont le câble

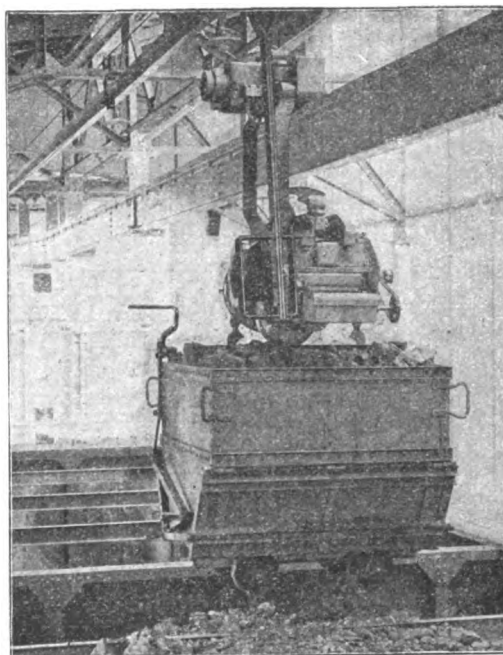


FIG. 342. — Voie suspendue électrique pour alimentation en charbon de chaudières. Silo à charbon avec butoir mobile pour le vidage automatique. (Construction Ad. Bleichert.)

transbordeur est construit par la Lidgewood Manufacturing Company, à New-York.

Le câble transbordeur marin comprend les parties suivantes :

1° Un câble principal, qui forme la voie de halage par laquelle la charge est transportée entre un navire remorqueur et un navire remorqué ;

2° Un appareil de tension à l'une des extrémités du câble principal. Il maintient dans le câble une tension uniforme suffisante pour conserver la charge hors de l'eau dans son trajet entre les deux navires. L'appareil de tension allonge et raccourcit constamment le câble quand les vaisseaux tangent, ou lorsqu'une variation de la portée se produit pour une raison quelconque ;

3° Un chariot voyageant sur le câble principal, d'un navire à l'autre et pourvu d'un crochet de sûreté auquel la charge est suspendue ;

4° Des cordages de traction (pour l'aller et le retour) attachés au chariot transbordeur et par lesquels il va et vient entre les navires ;

5° Deux treuils sur le navire remorqueur et le navire remor- | cipal jusqu'à ce que le chariot transbordeur arrive au-dessus du pont. L'élingue des sacs de charbon est passée sur le crochet, la poulie d'amenée est relâchée et la charge s'élève. Le treuil de commande transporte la charge jusqu'au navire de guerre.

6° Des dispositifs d'amenée et de contrôle pour prendre la charge sur l'un des navires et la déposer sur le pont de l'autre.

La disposition du câble transbordeur varie, en pratique, avec les dimensions du navire charbonnier. Pour un navire de guerre et un petit charbonnier, la forme recommandée consiste en un câble principal, attaché en un point élevé du mât du navire remorqueur, franchissant l'espace entre les navires en passant sur des poulies placées en des points élevés des mâts du vaisseau remorqué, puis tombant à l'arrière dans l'eau et se terminant par une ancre flottante.

Le chariot transbordeur roule sur une simple poulie sur le câble principal, et il est pourvu d'un crochet de cabillot auquel les sacs de charbon, contenant jusqu'à une tonne et demie, sont suspendus. Le cordage de retour est attaché au chariot et s'étend sur des poulies conductrices jusqu'au tambour du treuil de retour. Le cordage d'aller est fixé au côté opposé du chariot et s'étend dans l'autre direction autour de la poulie de queue, jusqu'au treuil d'aller. Les treuils de commande peuvent être placés tous deux sur l'un des deux navires ou un sur chaque navire.

La charge est accrochée, après avoir abaissé le câble prin-

cipal jusqu'à ce que le chariot transbordeur arrive au-dessus du pont. L'élingue des sacs de charbon est passée sur le crochet, la poulie d'amenée est relâchée et la charge s'élève. Le treuil de commande transporte la charge jusqu'au navire de guerre.

L'ancre flottante sert à maintenir une tension uniforme dans le câble transbordeur. Si l'on suppose une distance de 125 mètres entre le navire de guerre et un charbonnier moyen, il faut que l'ancre flottante maintienne approximativement les

tensions suivantes : 6.000 kilogrammes pour des charges de chariot de 1 tonne; 8.500 kilogrammes pour des charges de 1 tonne 1/2; 10.000 kilogrammes pour des charges de 2 tonnes.

Il y a deux modèles d'ancre flottante : 1° l'ancre conique, formée d'un cône en toile et souvent disposée en tandem pour assurer une tension plus uniforme; 2° l'ancre multiplane, formée d'une série de toiles carrées, espacées d'environ deux fois le côté du carré et maintenues à leur quatre angles par des cordes; elle pèse moins et assure une tension plus uniforme.

Le câble transbordeur Miller-Lidge-

wood a fait l'objet de nombreuses expériences dans les marines américaine, anglaise, russe, italienne.

En 1906, un appareil perfectionné, installé à bord du charbonnier *Sterope*, a permis de ravitailler le croiseur italien *Li-*

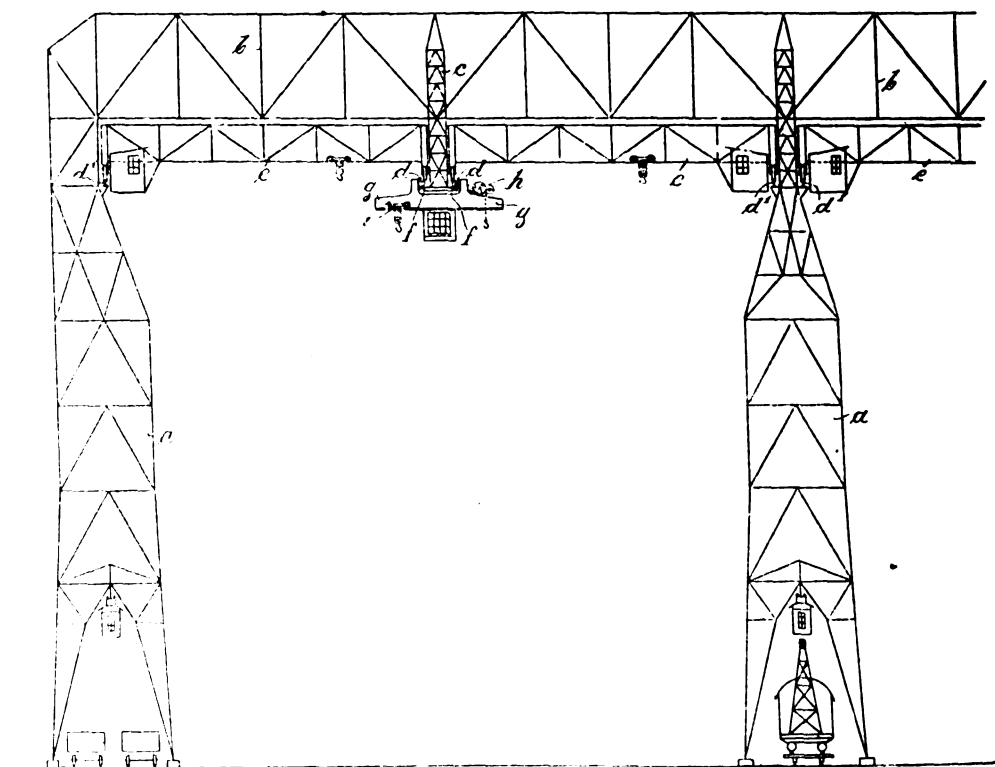


FIG. 343. — Transporteur Bode.

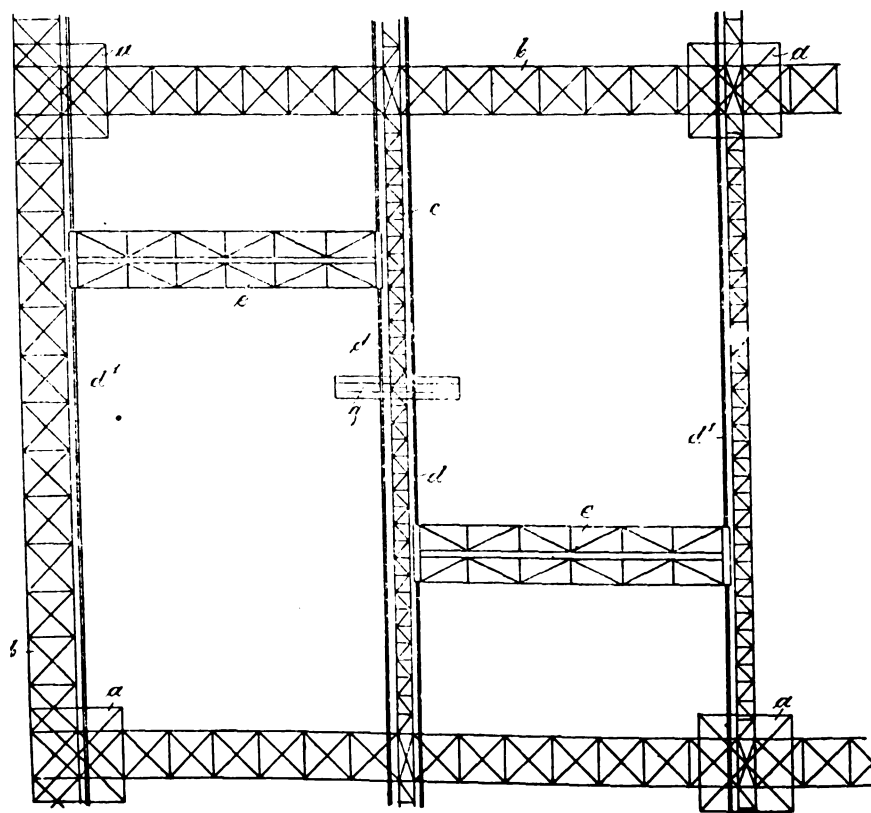


FIG. 344. — Transporteur Bode.

guria, à raison de 60 tonnes par heure, avec un maximum | leur de la charge ne change pas, et que les deux mouvements de 80 tonnes, les deux navires marchant à la vitesse de 12 nœuds.

Ces résultats très remarquables et maintenant éprouvés montrent que le problème de l'embarquement du charbon à la mer peut être aujourd'hui considéré comme résolu.

Le transporteur Bode (fig. 343 et 344) convient pour les chantiers de constructions navales. Les poutres transversales *b* supportent, entre chaque paire de pylônes *aa*, une poutre longitudinale *c*, avec rails *dd*, pour les ponts roulants *ee*, et rails *ff* pour la grue *g*, à cabestan *h* et chariot *i*. Les grues *ee* et *g*, indépendantes, couvrent tout l'espace entre les pylônes, et les poutres longitudinales *c* permettent d'économiser le fer dans l'ensemble des treillis. Les voies *dd* et *ff* peuvent être au même niveau. Toutes les grues peuvent pivoter de 360°.

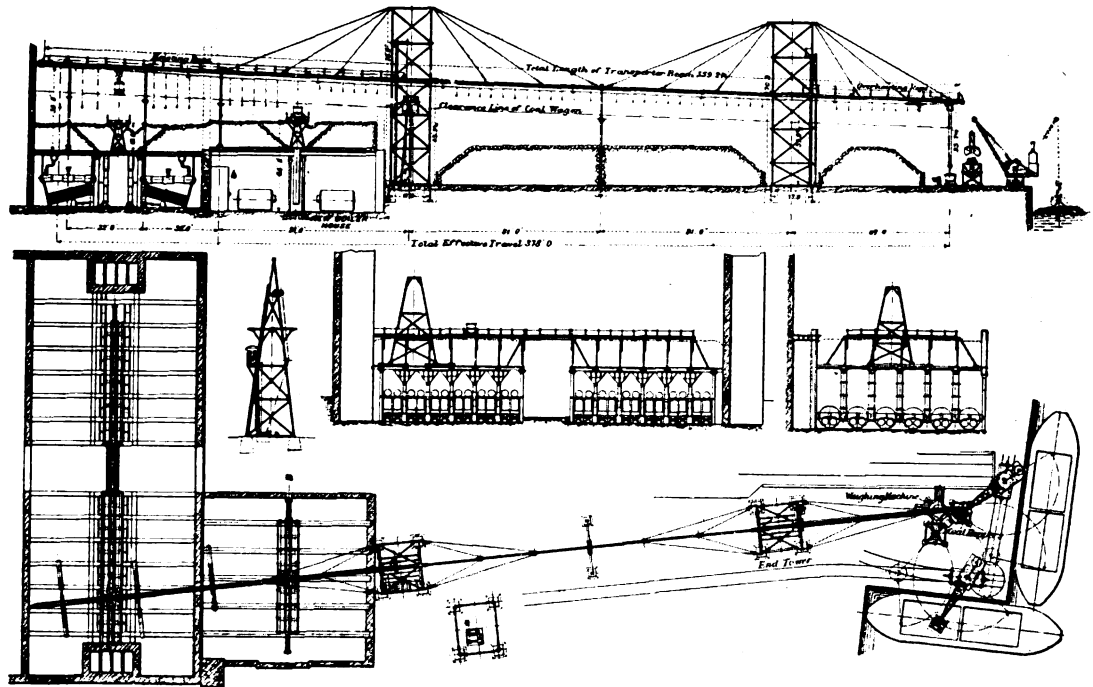


FIG. 343. — Transporteur Appleby-Temperley de Deptford.

de levée et de translation sont indépendants. Un câble *stuv* assure la tension permanente du câble de translation et maintient l'écartement voulu entre *c* et *e*, en cas de mollissement du câble de levée.

Le câble *p*, au lieu d'être ancré en *q*, peut faire partie du câble *s*, avec ancrage en 8 permettant d'en régler la longueur. Avec un levage par grappin à deux câbles, la seconde corde va de *e* au treuil à ressort ou à contrepoids 3 par *voxyz*, 2, 3, et commande l'ouverture du grappin. Avec deux chariots *c* et *c'*, de part et d'autre de *e*, les deux câbles translateurs *p* et *k* passent toujours sur le même treuil *o*, et le câble ouvreur de grappin est renvoyé par *h'* à son treuil à ressort 3. Les treuils *o* et *i* sont commandés, du moteur électrique 4, par un train épicycloïdal à freins, permettant de les faire marcher indépen-

damment ou simultanément dans un rapport quelconque. Les câbles de levée et d'ouverture sont commandés par un seul moteur au moyen d'un train épicycloïdal 4, et la translation par un autre moteur *o*.

Transporteur Barry (fig. 347 et 348). — Au lieu d'être disposés dans l'axe de la voie, les câbles le sont latéralement à la voie, de manière à la débar-

rasser des poulies et autres engins de manœuvres. La tension des câbles est opérée par des poids et non par le poids du crochet, plus facilement manœuvrables. Le câble de levée *A* est tendu par *E* et celui de translation *B* par *F*. Le treuil à poulie de levée *C* est embrayable avec celui de translation *D*, et commandé par deux pignons *G* à embrayages Helé Schaw manœuvrés par le levier *H*. L'embrayage de *D* avec *C* se fait en repoussant *D* sur *J* par le levier *L*; le man-

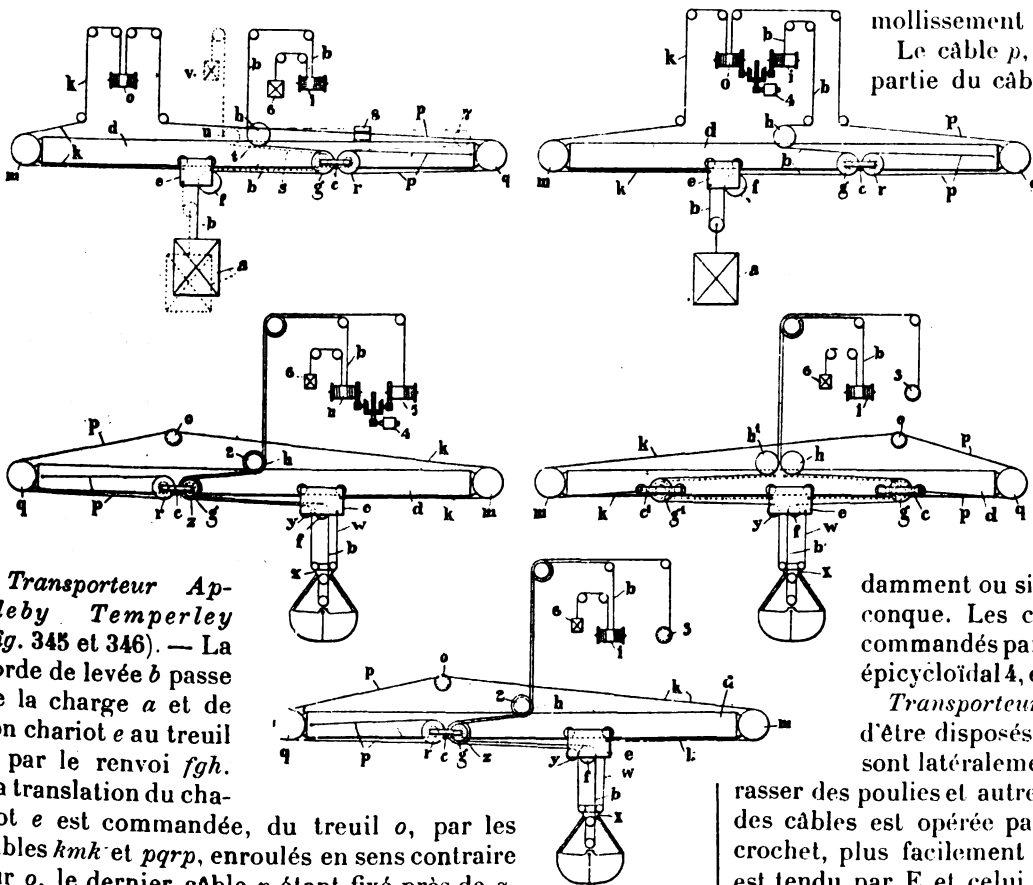


FIG. 346.

Transporteur Appleby Temperley (fig. 345 et 346). — La corde de levée *b* passe de la charge *a* et de son chariot *e* au treuil *i*, par le renvoi *fgh*. La translation du chariot *e* est commandée, du treuil *o*, par les câbles *kmk'* et *pqrp*, enroulés en sens contraire sur *o*, le dernier câble *p* étant fixé près de *q*. Lorsqu'on tire par *k*, *e* vers la gauche, le chariot *c* suit ce mouvement, moitié moins vite en raison de son mouflage, mais en rendant à la charge autant de corde de *bgf*, pour la même raison; de sorte que la hau-

chon pousse D par une butée à billes. Pour débrayer, on retire J à gauche, de manière qu'il arrête D par K en comprimant les ressorts M. La chaîne de levée passe du tambour

seuls appareils pratiques pour le halage des bateaux sont ceux qui remorquent ces derniers en se déplaçant sur la berge. On les divise en deux grandes catégories : les tracteurs et les locomotives.

La supériorité de ces dernières sur les tracteurs est aujourd'hui complètement reconnue. En effet, la traction sur rails permet le halage des bateaux par tous les temps de jour et de nuit, l'entretien de la voie est moins coûteux et les frais de personnel sont moindres.

Aussi, sur les canaux de l'Aire et de la Deule, près

Douai, on emploie des locomotives à voie de 1 mètre ; sur le canal de Teltow, on a installé sur chaque berge une voie ferrée, sur laquelle circulent des locomotives Siemens et Halske.

La Compagnie générale électrique de Nancy a introduit un nouveau système, qui permet de donner au problème du halage une solution plus générale, c'est-à-dire pouvant s'appliquer à toutes sortes de canaux. Le principe consiste à haler les bateaux par **câbles sans fin** longeant la berge.

Ces câbles ont chacun une longueur de 450 mètres, et chacun d'eux est actionné par un cabestan électrique.

Si l'on suit le bord du canal, on rencontre d'abord un câble sans fin, dont les deux brins cheminent en sens inverse et ont environ chacun 450 mètres de longueur, puis un espace libre de 50 mètres environ, un nouveau câble sans fin et ainsi de suite.

Chaque cabestan peut être mis en route ou arrêté par deux interrupteurs spéciaux, placés aux deux extrémités du câble.

Le bateau est accompagné par un conducteur, qui est chargé de manœuvrer les cabestans et la corde de halage. Le conducteur accroche l'amarre au câble sans fin et le bateau est remorqué sur 450 mètres de longueur, en partant d'une vitesse initiale nulle, pour être accélérée graduellement, jusqu'à l'allure de 3 kilomètres à l'heure, ceci par le simple effet du moteur électrique du cabestan, qui, grâce à une combinaison spéciale, réalise le démarrage avec un couple très puissant et une accélération automatique de vitesse sans aucun appareil auxiliaire. Quand le point d'arrimage vient à l'extrémité du câble sans fin, le conducteur arrête le cabestan, décroche l'amarre et, suivant au pas le bateau qui, par sa vitesse acquise, continue à avancer, vient accrocher l'amarre au câble sans fin suivant, dont il met le cabestan en route. Le bateau est ainsi halé successivement par chaque cabestan, ceux-ci fonctionnant uniquement pendant le temps que met le bateau à parcourir la longueur du câble sans fin.

Pour haler les bateaux dans l'un ou l'autre sens, il suffit d'attacher l'amarre à l'un ou à l'autre brin des câbles sans fin.

Si l'on a affaire à plusieurs bateaux cheminant simultanément dans le même sens, chaque cabestan remorque un seul bateau ; ceux-ci doivent donc être à un intervalle régulier de 500 mètres ou multiple entier de 500 mètres.

Si, enfin, plusieurs bateaux circulent dans les deux sens, un cabestan ne remorque qu'un seul bateau ; le débit maximum du canal sera donc obtenu quand chaque cabestan halera successivement deux bateaux cheminant en sens contraire. La distance entre deux bateaux circulant dans le même sens est donc, cette fois, de 1 kilomètre.

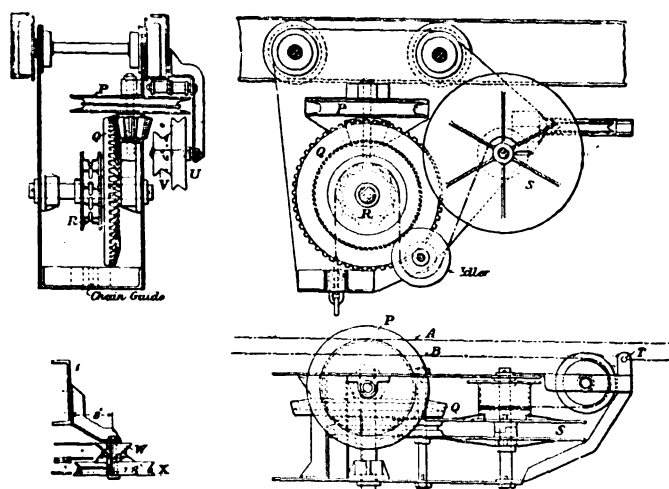


FIG. 347. — Transporteur Barry.

collecteur S, par un galet P, à la noix R, que le câble de levée A commande par PQ. Le câble de translation B, fixé au chariot en T, passe de la poulie folle, reliée à S, au poids tendeur F, ce qui force le tambour à rattraper automatiquement le jeu de la chaîne de levée. Les câbles A et B sont guidés par les galets U et V, en ligne droite, et par W et X, en courbe.

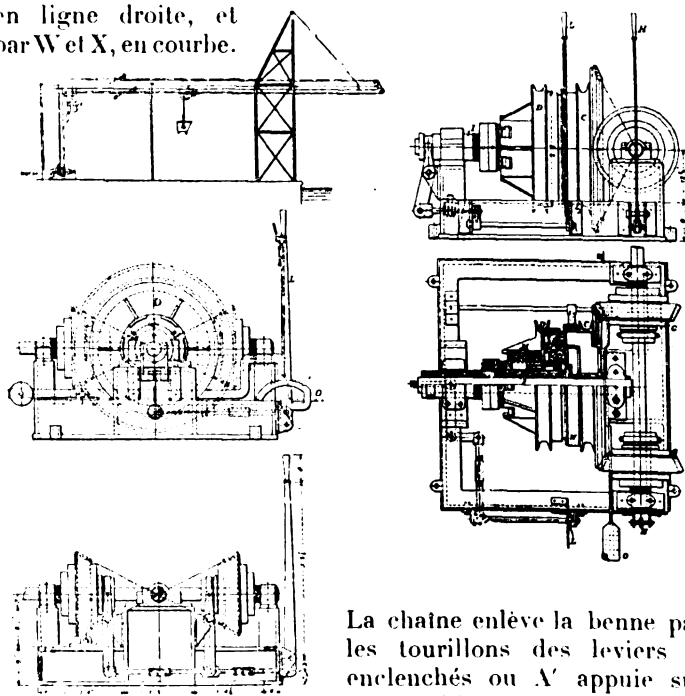


FIG. 348. — Transporteur Barry.

La chaîne enlève la benne par les tourillons des leviers A enclenchés ou A' appuyés sur les tourillons D de la benne. Quand celle-ci touche le sol, la chaîne mollit, A vient en A', B en B' et C en C', de sorte que si l'on tire sur la chaîne agissant en E', l'écart de E et de D fait basculer la benne ; dans ce mouvement, le toc F de la benne repousse en B' le contrepoids B, dont le talon G vient bloquer C. Lorsqu'on pose de nouveau la benne sur le sol, après l'avoir amenée à son point de décharge, la poussée du plan incliné H du levier A sur B le renvoie dans sa position primitive.

Halage électrique sur les canaux. — Dans l'état actuel, les

Dans ces conditions, le nombre de bateaux qui peuvent passer en un point donné en une journée de douze heures est de 72 dans les deux sens.

Le câble sans fin de halage est en acier toronné et travaille avec un coefficient de sécurité élevé ; il est supporté, tous les 30 mètres environ, par des poulies de guidage qui le maintiennent.

Un tendeur à poids, placé près du cabestan, raidit le brin mou et assure l'adhérence du câble. Un autre tendeur, réglable à la main, est placé à l'autre extrémité et sert à compenser les dilatations et allongements permanents.

Pour l'accrochage du câble-amarre au câble sans fin, on dispose sur ces données, tous les 25 mètres environ, une ligature souple sur laquelle vient s'appuyer un ensemble de billes en acier et de bagues en bronze enfilées sur le câble. D'autre part, l'amarre du bateau est terminée par une pièce d'accrochage qu'on engage sur le câble et qui vient s'appuyer sur le billage décrit ci-dessus. Cet accrochage est combiné de telle façon que la manœuvre en soit très simple et très sûre.

Ce dispositif ne sert pas seulement à entraîner le bateau, mais il a en outre pour effet de compenser les mouvements de vrillage du câble sans fin. Ce dernier peut tourner sur lui-même sans difficulté, car, grâce à l'interposition des billes, il n'oblige pas l'amarre à s'enrouler autour de lui.

Les poulies de guidage du câble sans fin comportent une gorge profonde avec deux joues d'inégale hauteur ; celle côté canal est plus petite, et, en même temps, crénelée d'une façon régulière le long de sa circonférence. Dans son mouvement, le câble sans fin entraîne l'amarre qui vient, à côté de lui, s'engager dans la gorge. Mais, sur cette amarre, à environ 1 mètre du point d'attache, on a disposé une boule de diamètre bien supérieur à la gorge de la poulie. Cette boule ne peut pénétrer dans la gorge ; elle se trouve donc soulevée, et soulève avec elle l'amarre, qui s'échappe alors de la poulie sans que le câble sans fin ait pu s'en échapper lui-même.

Les cabestans sont commandés, par l'intermédiaire de plusieurs trains d'engrenages, par des moteurs asynchrones triphasés. Chaque moteur développe une puissance normale de 10 chevaux environ. Afin d'obtenir un matériel aussi robuste que possible, et de réduire au minimum les opérations du démarrage, on emploie des moteurs avec rotor, en court-circuit, ce qui permet de mettre le cabestan en route par la simple manœuvre d'un interrupteur.

Des dispositions spéciales ont été prises pour faire de ces moteurs des organes essentiellement robustes et d'un fonctionnement absolument sûr ; ils doivent posséder un couple élevé au démarrage et celui-ci doit s'effectuer rapidement. En fait, un bateau lourdement chargé est facilement, et en un temps très court, mis en vitesse. Les mêmes précautions ont été prises pour les moteurs des cabestans de halage dans les écluses.

Les moteurs sont alimentés sous une tension de 190 volts. Le courant triphasé est amené, le long du chemin de halage, par une canalisation à haute tension, la tension étant abaissée à 190 volts dans des postes de transformation répartis d'une façon à peu près uniforme, de manière à alimenter deux cabestans chacun. On a ainsi un poste de transformation avec transformateur statique tous les kilomètres, dans le cas où nous nous sommes placés. Le courant à haute tension peut être fourni, suivant les cas, par une usine spéciale ou acheté à des distributions de forces avoisinantes.

Pour augmenter la capacité de débit d'un canal, il faut impérativement réduire les durées d'éclusage. A cet effet, on dispose un cabestan électrique combiné avec des poulées de

renvoi placées à chaque extrémité de l'écluse. Lorsqu'un bateau se présente, on l'amarre au moyen d'une corde qui passe sur la poulée de renvoi, située à l'extrémité opposée de l'écluse, et qui vient s'enrouler sur la poulie du cabestan. Ce dernier est mis en route, et comme il est susceptible de développer un effort très élevé, il fait entrer rapidement le bateau dans l'écluse. On l'emploie de la même façon pour la sortie, mais en attachant l'amarre à l'arrière du bateau. Le système par câbles sectionnés ne nécessite qu'un capital immobilisé relativement faible, représenté par les câbles sans fin, les cabestans et les poulies-guides, la ligne électrique haute et basse tension et les postes de transformateurs, capital que l'on peut évaluer de 15.000 à 20.000 francs par kilomètre, au maximum, alors que, pour le système de tracteurs roulant sur berge, il faut compter 25.000 francs par kilomètre rien que pour la voie et les tracteurs seulement.

PLANS INCLINÉS

Plans inclinés pour la manutention des matériaux. — Avec les plans inclinés, on peut réaliser toutes combinaisons relatives à l'équilibrage, le suréquilibrage, la simple ou double action comme pour les monte-charges, lesquels ne constituent, en somme, qu'un cas particulier du plan incliné avec pente infinie.

Toutefois, en pratique, on rencontre surtout les plans inclinés à une seule voie ou à deux voies, avec double convoi, l'un montant, l'autre descendant. L'économie réalisée du côté du treuil par l'équilibrage ou le suréquilibrage se trouve en grande partie compensée par les frais d'établissement d'une deuxième voie pour le contrepoids.

Chaque convoi est relié au treuil par un câble soutenu de distance en distance par des rouleaux fixés au milieu de la voie.

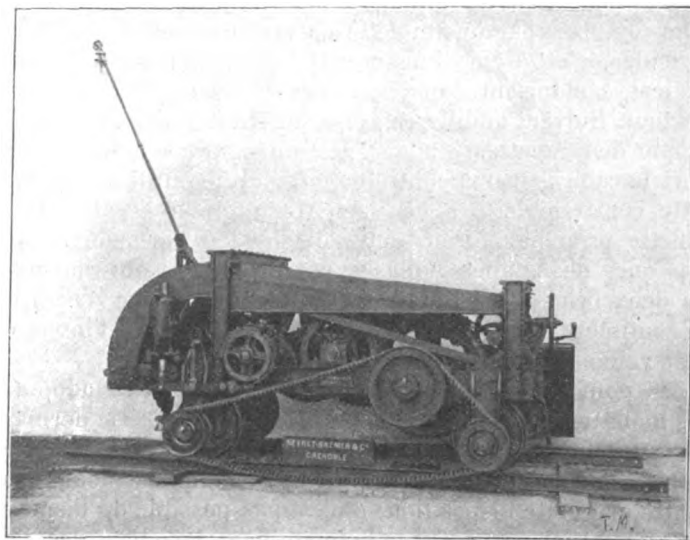


FIG. 349. — Chariot teneur. Construction Neyret-Brenier.)

La forme et les dimensions du treuil varient avec l'effort à exercer, avec la vitesse ou la longueur de câble à enrouler, avec le nombre de voies et leur écartement.

En raison des courbes, souvent longues, et de la nature du service que ces appareils ont généralement à assurer, l'automatisme dans le fonctionnement, tant au démarrage qu'aux

arrêts, ne présente pas grand intérêt. Le conducteur placé devant l'appareil de manœuvre, en arrière du treuil, voit facilement le ou les convois suivant le cas, et effectue toute la manœuvre à la main.

Lorsque la voie d'un plan incliné présente des inflexions, on peut recourir à des **chariots toueurs** (fig. 349). Dans ce cas un câble fixe suit la voie et le chariot progresse le long de ce câble, sous l'action d'une poulie toueuse mue électriquement; la prise de courant peut se faire par archet et fil aérien. Ce procédé offre le moyen d'aborder de très fortes pentes remorquant des charges relativement considérables.

Le **tracé des plans inclinés** destinés au transport de matériaux est choisi avec l'idée prépondérante de n'avoir que des terrassements peu importants à faire. Ainsi, on trouve des plans avec des sinuosités dans les deux sens, des courbes avec des rayons très petits, des parties verticales très prononcées et quelquefois concaves à un tel point que le câble tracteur ne vient pas se poser sur les rouleaux-guides. On a étudié pour ce dernier cas des arcs sous lesquels passent les wagonnets, avec des rouleaux suspendus au ciel de ces arcs; on a construit aussi des rouleaux de pression appliqués aux traverses de la voie du plan, sous lesquels le câble tracteur vient se placer au moyen de bras spéciaux liés aux wagonnets. Principalement quand le plan fonctionne par des freins, ou même quand une force motrice est nécessaire, bien que l'installation ait un caractère provisoire, ces agencements mécaniques, qui peuvent faire économiser des travaux de terrassement, sont justifiés. — C'est du reste là un des points où la pratique et l'intelligence de l'ingénieur trouvent une de leurs plus évidentes applications. Il doit trouver le juste rapport entre les frais d'installation et d'exploitation, et justifier, avec les frais d'entretien, les dépenses éventuellement anormales de l'installation.

Les plans inclinés se construisent à **voie unique avec ou sans aiguillage au milieu**. Dans ce dernier cas, un seul wagonnet circule sur la voie et le treuil est formé par un tambour, sur lequel le câble tracteur s'enroule ou se déroule. On contrebalance parfois le poids du wagonnet; le tambour est alors remplacé par une molette suivant une des dispositions normales, c'est-à-dire une molette horizontale, avec arbre vertical, conduisant dans sa gorge les deux brins du câble tracteur. Suivant la différence de tension des deux brins, on adopte des molettes à une, deux, trois gorges, et on renvoie alors le câble sur une contre-molette à une ou deux gorges; cette contre-molette a un diamètre inférieur à celui de la molette principale. Pour cette disposition normale, il faut appliquer des poulies-guides supplémentaires, qui ramènent les deux brins du câble tracteur à une distance d'environ 20 centimètres, ce qui permet le guidage du câble à l'intérieur de la voie entre les deux rails.

Ces poulies-guides peuvent être supprimées en adoptant des molettes verticales avec arbre horizontal; cette dernière disposition a l'avantage de remplacer les crapaudines par des paliers ordinaires dont le graissage est plus facile; par contre, par cette disposition, il n'est pas possible de disposer les molettes dans le sol, ce qu'on préfère dans bien des cas, surtout en considération du service facile des wagonnets, qui peuvent ainsi passer directement au-dessus du treuil, en occupant un espace très limité.

Les rouleaux-guides sont placés à 10 mètres environ les uns des autres; les deux brins du câble tracteur étant placés à environ 20 centimètres l'un de l'autre, leur attache aux wagonnets est excentrique de 10 centimètres environ, et une double série de rouleaux sert pour le guidage du câble; parfois on monte sur le même arbre fixe dans les paliers, deux

poulies folles. Dans les courbes, on dispose des rouleaux inclinés, dont le diamètre varie en proportion inverse du rayon de la courbe; quelquefois on applique alternativement un rouleau à axe vertical et un rouleau à axe horizontal.

Le câble est du type à torons, flexible, avec âme en chanvre; les fils sont en acier fondu au creuset; le coefficient de sûreté peut varier entre 5 et 7. Il est fixé aux wagonnets au moyen d'un manchon spécial en acier.

Les **wagonnets** sont de deux types distincts: chariot porteur incliné et chariot commun. Le premier a la traverse inférieure disposée suivant la pente moyenne du plan et la traverse supérieure horizontale, formant ainsi un plan horizontal sur lequel vient se placer le wagonnet venant de la mine ou de la carrière; parfois on charge sur ce plan horizontal les matériaux (bloc de granit, marbre, etc.) sans danger qu'ils puissent glisser le long de la voie.

Le second est formé souvent par le wagonnet même venant de la mine, de la carrière, de la forêt et qu'on accroche au câble en le faisant descendre ou monter. Il ne faut cependant pas perdre de vue qu'un wagonnet commun n'est construit que pour supporter une charge verticale et que, pour être envoyé sur un plan incliné, il faut en général renforcer le truck pour le rendre plus rigide et apte à supporter l'effort de traction sur la pente.

Les **évit-molettes** sont des dispositifs spéciaux empêchant les wagonnets de partir sur le plan, avant que le mécanicien ait pris certaines dispositions.

On évite ainsi le lancement sur la voie d'un wagonnet avant qu'il ait été accroché au câble, ce qui a produit de nombreux accidents. Il y a différentes constructions de ces dispositifs.

Le **chargement** et le **déchargement** des matières à transporter font l'objet d'études spéciales, suivant les cas. On charge parfois les matières en vrac par trémie et, dans ce cas, le déchargement se fait automatiquement en ouvrant le fond du wagonnet ou en le culbutant. On établit parfois un câble continu qui marche sans arrêt; les wagonnets sont munis d'appareils d'accrochage ou de décrochage automatiques; ce système est employé quand on veut transporter un tonnage important sur un plan d'une longueur considérable; on établit alors deux voies indépendantes et, pour les détails mécaniques de ces installations, on se rapproche des installations des voies aériennes. On peut, dans ce cas, charger avec des trémies mobiles, en cours de route, sans arrêter les wagonnets. Le chargement se fait aussi de façon directe.

Pour un plan incliné ayant une pente uniforme, l'**effort maximum sur le treuil et sur le câble** se produit lorsque le wagonnet chargé se trouve à l'extrémité inférieure du plan; dans ce cas, on aura aussi la différence maxima de tension entre les deux brins du câble; l'effort indiqué précédemment se calculera en ajoutant, au poids du wagonnet vide, la charge et le poids du câble pour toute la longueur du plan; on multipliera ensuite ce résultat par le sinus de l'angle que forme le plan avec l'horizontale et en multipliant le résultat obtenu par la pente indiquée en centièmes. Pour l'autre brin du câble, on aura seulement le poids du wagonnet vide à multiplier par le rapport de l'inclinaison de la pente. On néglige dans ce calcul sommaire les frottements des rouleaux qui feraient augmenter le rapport des tensions.

Pour un plan incliné ayant des pentes variables, il faut procéder par tâtonnements, en plaçant les wagonnets dans des positions différentes, et pour chacune de ces positions, faire le calcul indiqué pour trouver l'effort maximum et le rapport des deux tensions.

Pour trouver l'effort du câble, il faudra multiplier sa longueur par la moyenne des sinus des différentes pentes; pour

déterminer l'effort du wagonnet chargé ou vide, on multipliera son poids par le rapport correspondant à la pente où il se trouve momentanément.

Afin d'expliquer, par un exemple, de quelle manière il faut considérer le rapport des tensions, nous dirons que, pour le treuil II du tableau ci-après, si dans un brin du câble on a 400 kilogrammes de tension, dans l'autre on ne devra pas avoir moins de $\frac{400}{3,4} = 117$ kilogrammes. Si on avait moins, les deux gorges de la molette principale ne suffiraient pas, et il faudrait faire une molette à trois gorges avec contre-molette à deux gorges.

trique, arrivant actuellement partout et étant fourni à des prix très limités, on a été conduit, dans certains cas, à remplacer, après plusieurs années d'exploitation, le contrepoids d'eau par un moteur électrique. Le câble sans fin a été souvent adopté pour permettre de placer la force motrice à la station inférieure, avantage qui ne doit avoir aucune considération, lorsque le courant électrique peut être transporté très facilement à la partie supérieure du plan.

Les treuils sont presque toujours construits du type à molettes verticales; le choix des éléments qui le composent doit être fait largement en négligeant les principes économiques qui guident l'ingénieur dans le choix d'un treuil pour le trans-

TABLEAU DES TREUILS NORMAUX POUR PLANS INCLINÉS ET DES FOURNITURES ACCESSOIRES DE LA MAISON CERETTI ET TANFANI DE MILAN

NUMÉRO DE TREUIL	EFFORT MAX. SUR L'INCLINAISON du plan kgs.	DIAMÈTRE DE LA MOLETTE principale et nombre des gorges mm.	DIAMÈTRE de la CONTRE-MOLETTE et nombre des gorges mm.	DIFFÉRENCE MAXIMUM de tension admise entre les 2 brins du câble	DIAMÈTRE du CÂBLE mm.	POIDS PAR MÈTRE du câble kgs.	DIAMÈTRE des ROULEAUX GUIDES		PRIX				
							droits mm.	inclinés mm.	du treuil frs.	par mètre du câble frs.	PAR PIÈCE DES ROULEAUX		de l'évite- molette frs.
I	250	1.500 une gorge	—	3,3	12	0,480	80	110	650	0,60	10	16	
II	500	1.750 deux gorges	1.500 une gorge	3,4	12	0,480	100	200	1.300	0,60	15	25	250
III	1.000	2.000 deux gorges	1.750 une gorge	3,8	14	0,710	150	250	2.200	0,85	17	32	
IV	1.500	2.250 trois gorges	2.000 deux gorges	4,4	16	0,940	150	250	3.000	1,15	17	32	
V	2.000	2.500 trois gorges	2.250 deux gorges	4,8	18	1,120	175	300	4.500	1,35	20	40	450

Plans inclinés pour le transport de personnes. — Étant admis que ces plans sont toujours établis avec des moteurs et pour une durée illimitée, le choix du profil a une importance capitale. Des dépenses importantes sont justifiées pour économiser des frais d'exploitation, qui se reproduiraient pendant de nombreuses années. S'il n'y a pas de câble sans fin, ce qui tend à disparaître presque complètement dans ces constructions, le profil en long ne doit présenter ni contre-pentes ni paliers. On doit chercher, en outre, à diminuer au minimum la force motrice nécessaire ou l'effort de serrage des freins; le profil en long idéal est représenté par une parabole ou chaînette, car l'effort maximum, qui se produit au moment du démarrage des deux voitures, est, dans ce type de profil, réduit au minimum; la pente étant accentuée à la partie supérieure est considérablement plus faible à la partie inférieure; la voiture descendante acquiert une vitesse qui augmente jusqu'à un certain moment et ralentit ensuite au moment de l'arrêt. Si la charge des voitures est favorable, on peut arriver parfois à descendre des voyageurs sans employer la force motrice ni les freins; ceux-ci ne serviront que pour absorber la force vive en fin de course. Si la charge est défavorable, l'effort sera uniforme et minime; le câble, en outre, qui représente avec son usure dans ces installations une des dépenses importantes d'entretien, repose sur les rouleaux-guides d'un profil parabolique avec une pression uniforme et minime. Son usure sera donc peu importante.

Très souvent, on réussit à trouver un flanc de coteau permettant le choix de ce type de profil avantageux; mais parfois il faut se contenter d'une ligne droite, d'un profil convexe ou de la combinaison de différentes courbes; les raccordements entre les diverses pentes doivent être faits avec des paraboles ou des cercles à grand rayon.

Ainsi que les plans inclinés à câble sans fin, les plans inclinés à contrepoids à eau tendent à disparaître. Le courant élec-

port des matériaux. On emploie dans ces treuils des engrenages à chevrons et avec dents en bois dur; on a toujours un indicateur de positions des voitures, parfois un indicateur de

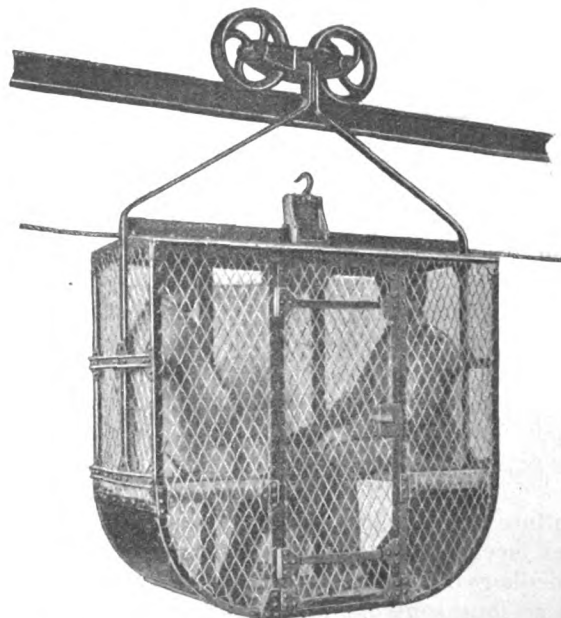


FIG. 350. — Wagonnet pour le transport de personnes. (Système Ceretti et Tanfani.)

vitesse, deux freins, un à main et l'autre automatique qui fonctionne : 1° quand la vitesse de régime normal est dépassée; 2° quand les voitures sont poussées trop loin à leur arrivée dans les stations; 3° quand le mécanicien affecté à la manœuvre du treuil le croit nécessaire. Les moteurs employés pour ces treuils doivent permettre la marche dans les deux sens; si le

moteur est électrique, les freins, avant de fonctionner, interrompent le courant du moteur, lequel est pourvu d'un contrôleur.

sède une barre laminée, avec des dents. Le frein agit moyennant un engrenage placé dans le truc de la voiture, et on peut obtenir, avec des freins à ruban montés sur les axes des

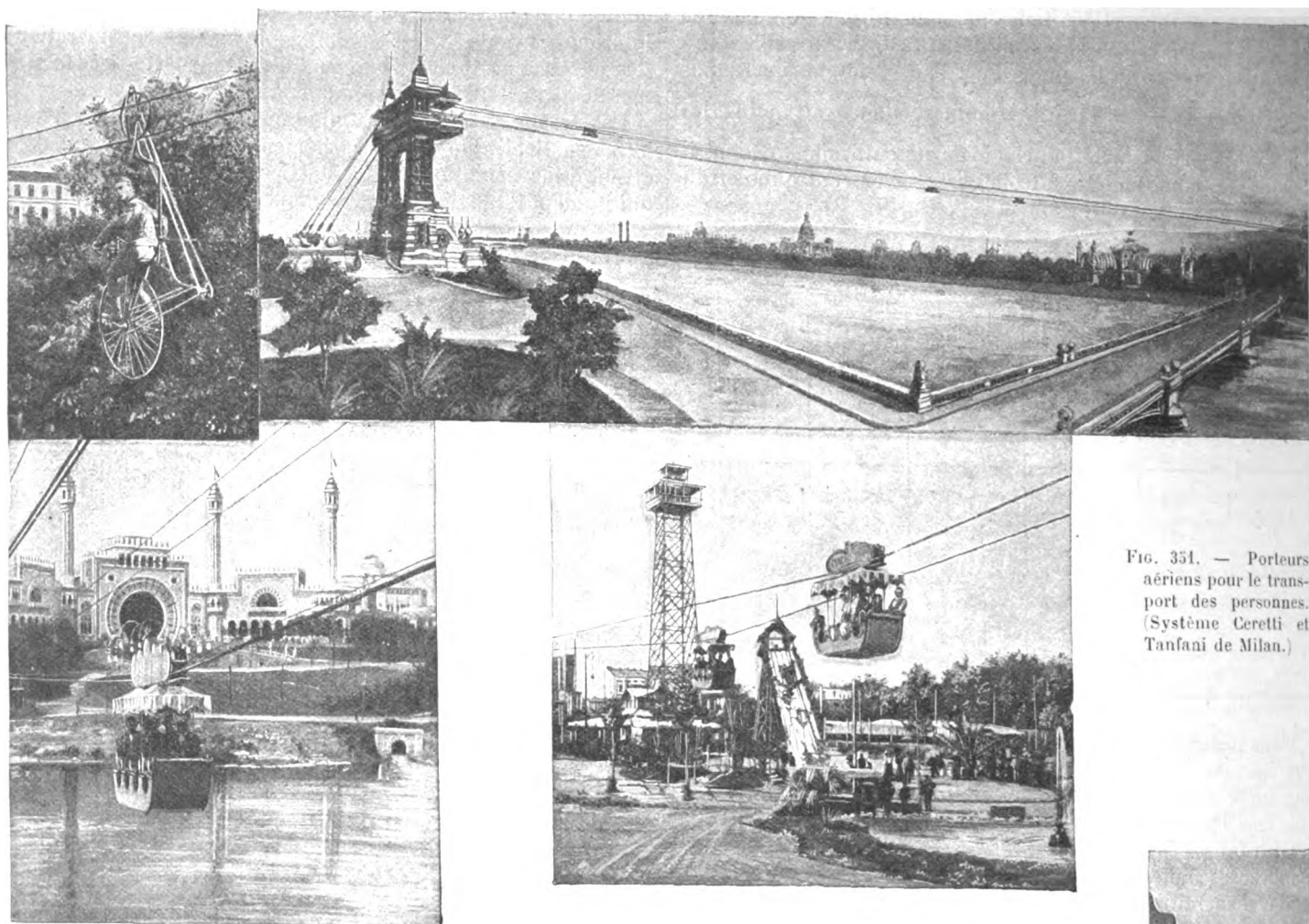


FIG. 351. — Porteurs aériens pour le transport des personnes. (Système Ceretti et Tanfani de Milan.)

On emploie le même type de câbles que pour les plans inclinés pour matériaux, seulement son coefficient de sécurité est poussé à 10-12; si l'on prend en considération la fatigue sur les molettes, ce coefficient peut être réduit à 7-8.

La construction des voitures est faite en général de façon à tenir les voyageurs dans un plan approximativement horizontal pendant tout le parcours; le nombre des places peut varier entre seize et cent, en partie assises, en partie debout sur des plates-formes; elles peuvent être fermées ou ouvertes, et les portières ont une fermeture de sûreté qui doit être manœuvrée par le conducteur.

En cas de rupture du câble, on doit avoir l'arrêt instantané de la voiture; dans ce but, on installe dans le truck de la voiture des mécanismes qui forment la partie la plus délicate des funiculaires. Les types de freins automatiques appliqués jusqu'à ce jour sont innombrables; on a construit d'abord des bras d'arrêt qui tombaient en cas de rupture du câble et qui venaient s'enfoncer dans le terrain ou sur une longrine en bois; ce frein a été adopté dans des plans inclinés pour le transport des matériaux, ce qui n'est pas indispensable, car, pour ce genre de transport, on peut faire au fond du plan des butées d'arrêt.

Un système qui a eu de nombreuses applications est celui à crémaillère; le type Riggensbach se compose de deux fers à U avec des échelons fixés entre ces fers; le type Abt pos-

roues, l'arrêt du wagon. Cette crémaillère, placée au milieu de la voie, est d'un prix élevé, et elle n'est plus guère employée dans ces dernières années, que pour les chemins de fer où une locomotive à engrenages entraîne un train sur une rampe.

Le système adopté en général est celui de freinage sur les rails même; ces rails ont un profil à champignon à coin spécial; le câble est accroché à un levier et, en cas de rupture du câble, ce levier

tourne, fait tomber un contrepoids, et des mâchoires très solides viennent serrer la tête du rail en arrêtant presque instan-



FIG. 351 bis. — Porteurs aériens pour le transport des personnes. (Système Ceretti et Tanfani de Milan.)

tanément la voiture. Ce frein peut aussi fonctionner sur le désir du conducteur, qui a également à sa disposition un frein à main nécessaire pour ralentir la course.

La voie a presque toujours un mètre d'écartement ; les rails, de profil spécial, sont fixés sur des traverses métalliques composées de fers à L : au-dessus de 30 0, 0 ces traverses sont fixées dans des blocs de maçonnerie. La voie est toujours unique avec croisement au milieu, et les voitures ont les roues extérieures (en considérant la voie d'évitement) à double boudin et les roues intérieures à bande plate ; le freinage se fait sur les rails extérieurs. Les rouleaux sont placés entre les traverses dans des petites fosses et montés sur des fers plats. A fin de course, il y a un tampon contre lequel vient buter une voiture, si elle est poussée trop loin. Il faut en outre prévoir avec soin l'écoulement des eaux sur le plan incliné et ménager des gradins permettant l'inspection de la voie.

La vitesse de marche admise sur ces plans peut varier entre 1 mètre et 2^m, 50 par seconde suivant la pente. On établit, entre le mécanicien affecté à la manœuvre du treuil et les conducteurs, des signaux à sonnerie électrique et entre les stations un téléphone.

APPAREILS DE MANUTENTION DANS LES USINES MÉTALLURGIQUES

Les grandes usines métallurgiques modernes nous donnent un exemple des plus intéressants de l'emploi des appareils de levage et de manutention les plus récents.

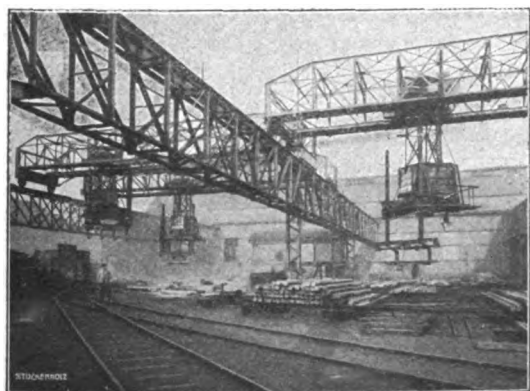


FIG. 352. — Pont avec mécanisme de levage pivotant pour le chargement de fers en barres.

Transport des fers de toutes espèces ;
Alimentation et chargement des fours en minerais en charges liquides, en ferrailles, en mitrilles ;

Commande des multiples mouvements des mélangeurs de fonte et des poches de coulée ;

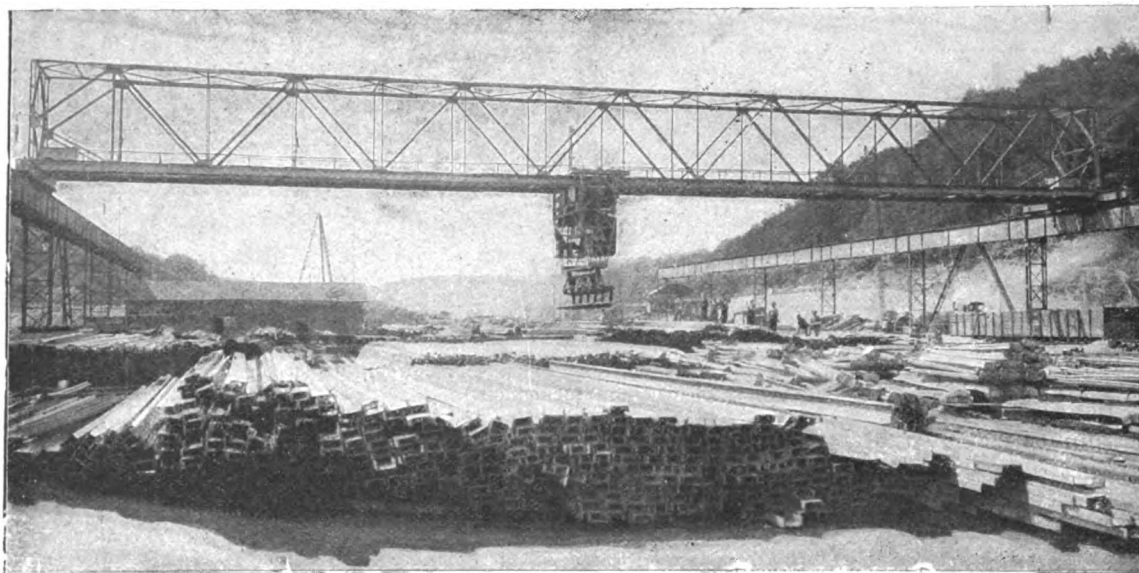


FIG. 353. — Pont pour le chargement de poutrelles.

Démoulage et transport des lingots, blooms, gueuses ;
Service des fours Pils et des laminoirs ;
Concassage des gros morceaux de ferraille ; etc., etc.

Tels sont les travaux exécutés avec rapidité, avec sécurité, avec économie de main-d'œuvre, et encombrement minimum, par les grues, les ponts roulants, les transporteurs de toutes espèces que nous avons examinés dans les chapitres précédents.

Les électro-aimants, montés sur grues ou sur ponts roulants, sont actuellement des plus employés. Les expériences faites ces dernières années et dont nous avons exposé les résultats⁽¹⁾ tendent à généraliser l'emploi de ces appareils. Ils présentent de grands avantages : robustesse qui permet d'en confier le maniement à n'importe quel manœuvre, chutes accidentelles des charges moins fréquentes que les ruptures de chaînes, et enfin énorme économie.

Le Président du *Chicago Rock Island et Pacific R. R.* estime que depuis la mise en service, en mai 1909, des grues à électro-aimants, le chargement et le déchargement d'une tonne de ferraille reviennent à 9 fr. 55, tandis qu'auparavant cette double manipulation revenait à 1 fr. 50 ou 1 fr. 75 la tonne.

Les aciéries américaines évaluent à 5.160.000 francs l'économie apportée sur la manutention de 10.000.000 tonnes.

Pour la manutention des riblons et des grosses pièces de fonderie, la *Lake Shore and Michigan Southern RR.* a établi les statistiques suivantes :

Chargement de bandages des roues de locomotives à la main	0 ^f , 875 la tonne
Chargement de bandages des roues de locomotives par grues à chaînes	0 ^f , 410 —
Chargement de bandages des roues de locomotives par grues à électro-aimant	0 ^f , 205 —
Chargement de grosses pièces moulées à la main presque impossible	»
Chargement de grosses pièces moulées par grues à chaînes	1 ^f , 025 —
Chargement de grosses pièces moulées par grues à électro-aimant	0 ^f , 155 —

(1) Voir électro-aimants de levage, pages 35 et 36.

Au *Chicago Rock Island RR*, on compte avec une grue à | tique, établie d'après 100 wagons, donne une moyenne de 36 francs par wagon pour le déchargement à la main. et 14 fr. 80 pour le déchargement par grue à électro-aimant.

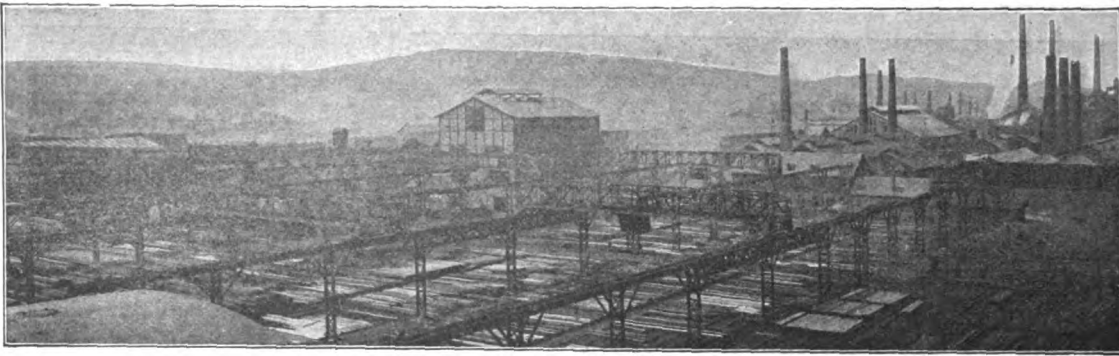


FIG. 334. — Parc à barres avec 9 ponts de chargement et transbordeur pour déplacements des ponts.
(Construction Stuckenholz.)

électro-aimant de 0 fr. 10 à 0 fr. 26 par tonne pour riblons

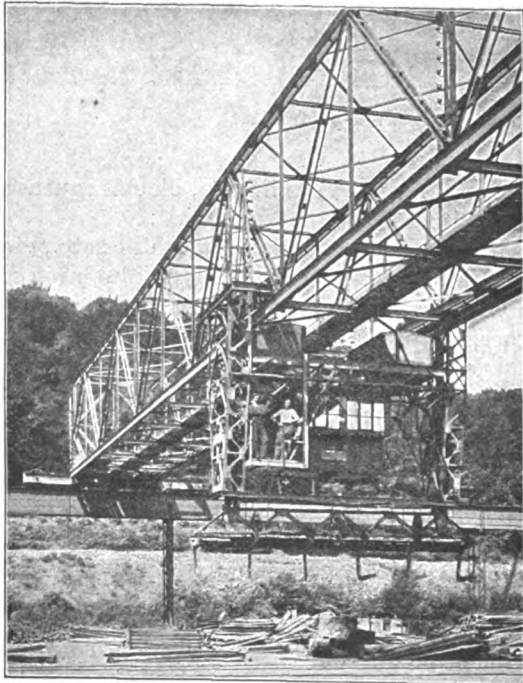


FIG. 335. — Pont pour le chargement de poutrelles.

non triés et de 0 fr. 025 à 0 fr. 075 pour riblons triés.

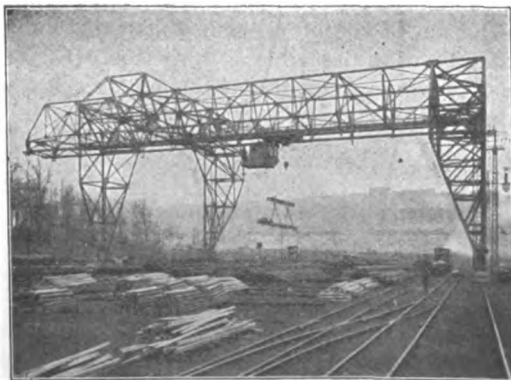


FIG. 336. — Grue à chevalet pour chargement de fers en barres.

Pour le déchargement des wagons de riblons, une statis-

pendant 300 jours par an, les salaires, fournitures de charbon, huile, etc., représentent 2 fr. 50 par heure ; comme en une heure

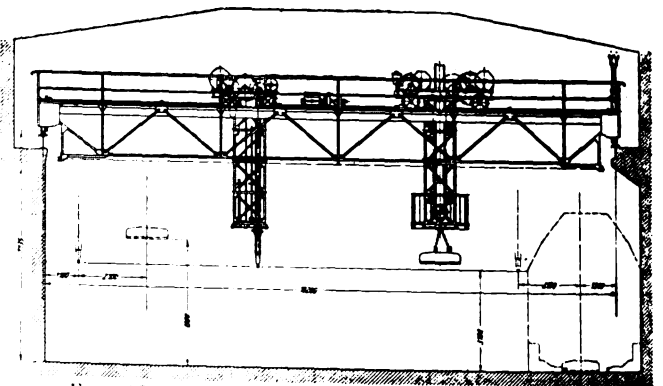


FIG. 357. — Pont roulant à concasseur et électro-aimant
(Construction Lauchhammer.)

on manutentionne 35 tonnes, cela fait $\frac{2 \text{ fr. } 50}{35} = 0 \text{ fr. } 071$ la

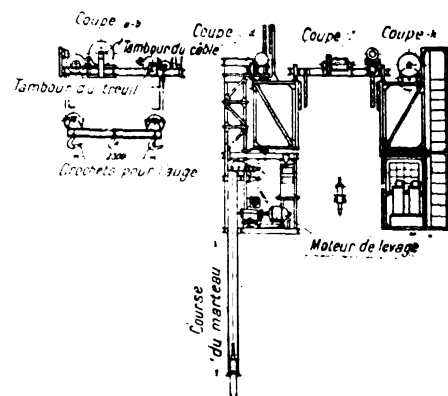


FIG. 358. — Pont roulant à électro-aimant.
(Construction de la Maschinenfabrik Esslingen.)

une économie de 6.850 francs par an, soit 33 0/0 environ du capital de première installation.

Pour une fonderie de 100 tonnes, nous arriverions à regagner en un an le capital, de même pour une petite fonderie de 20 tonnes, où toutes les grues seraient installées d'avance et où la dépense d'un électro-aimant de 4.560 francs serait seule à considérer.

Pour certains travaux, les électro-aimants s'imposent, par exemple dans le déchargement des wagons, où on laisse toujours avec les moyens ordinaires, de petits morceaux dont le tonnage finit par atteindre des centaines de kilogrammes; dans le nettoyage du sable de fonderie, d'où l'aimant retire les clous et débris du métal.

L'électro-aimant peut évidemment s'utiliser avec un **pont roulant** de construction quelconque; cependant son introduction dans les établissements métallurgiques a déterminé la création de ponts roulants plus ou moins spéciaux. La figure 357 représente un **pont à concasseur et électro-aimant**

construit par la firme Lauchhammer pour le hall de coulée de MM. Stuum frères, à Neunkirchen.

électriques portent, l'un le concasseur et l'autre l'électro-aimant, pendant que le concasseur débite le masseau, l'élec-

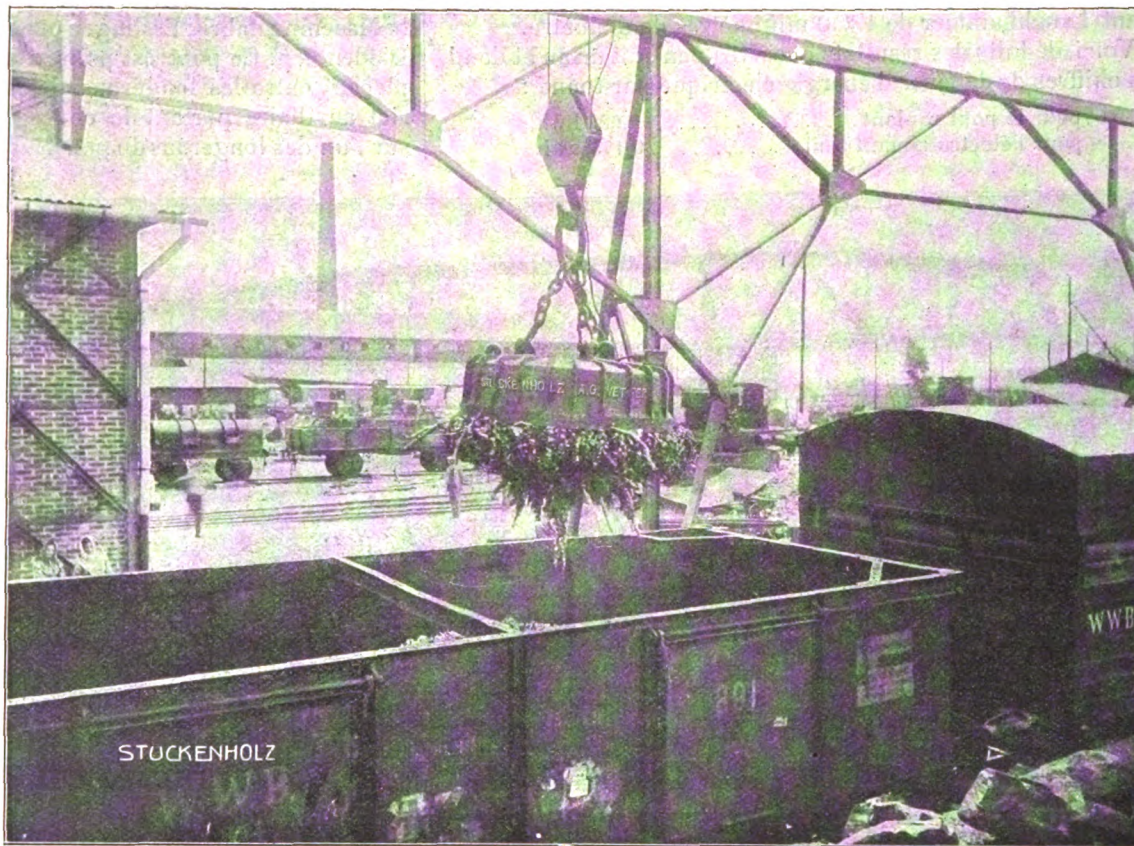


FIG. 358 bis. — Manutention par aimant des tournures.

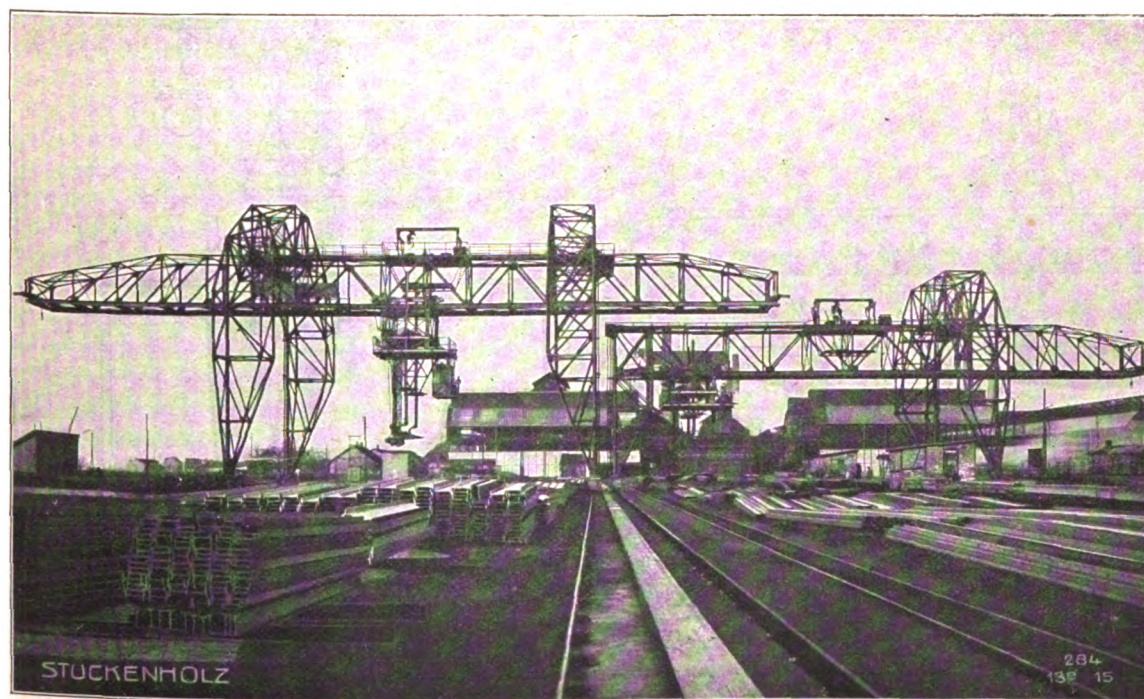


FIG. 359. — Grues avec aimants de levage pour transport de fers en barres. (Construction Stuckenholtz.)

Entre les deux longerons du pont roulant, dans le sens des coulées et indépendamment l'un de l'autre, deux chariots

toujours en marche, l'un des deux marteaux, l'autre est en réserve, les masses sont guidées dans un tube vertical de sec-

tro-aimant enlève les gueuses et les dépose dans les wagons; les vitesses des deux chariots sont choisies de manière que les deux machines travaillent en concordance; le premier marche à la vitesse de 30 mètres par minute; le second à raison de 120 mètres; la capacité du pont est ainsi utilisée de la meilleure façon possible. La séparation des deux machines évite, en outre, que la mise hors de service de l'une rende la deuxième inutilisable, comme cela se présente lorsque l'on emploie un pont où l'électro-aimant et le concasseur sont réunis sur le même chariot.

Le concasseur, qui est actionné par courroie, comporte deux marteaux; chacun de ceux-ci pèse 117 kilogrammes; la hauteur de chute est de 5 mètres; le levage se fait à la vitesse de 100 mètres par minute; on n'utilise habi-

tion carrée. La même construction peut d'ailleurs être employée avec des concasseurs pneumatiques, dont la vitesse de marche est plus grande. L'électro-aimant est un électro-aimant Lauchhammer de 1.350 millimètres de diamètre.

Voici, déduits des résultats observés pendant un an et demi, les chiffres de dépense d'énergie électrique par tonne :

pour le pont roulant.....	0.622 kwh.
pour l'électro-aimant seul.....	0.175 kwh.

gueuses enlevées par l'électro-aimant dans une auge, conduite au wagon lorsqu'elle est remplie.

Un pont a été construit pour ce mode de travail (fig. 358) par la Maschinenfabrik Esslingen et employé par les Carlshütte de Diedenofen. Ce pont est pourvu d'un chariot double, se déplaçant entre les longerons principaux, ainsi que d'un chariot auxiliaire portant le concasseur et roulant latéralement sur l'un des longerons du pont; au chariot double principal est

suspendue par des câbles une forte traverse munie de trois crochets, un pour l'électro-aimant et deux pour l'enlevage de l'auge.

La capacité du chariot principal est de 7 tonnes; il y a deux moteurs de 15 chevaux pour le levage, qui se fait à la vitesse de 10 mètres par minute, la vitesse de translation du pont est de 90 mètres, celle du chariot de levage, de 60 mètres, et celle du chariot du concasseur de 25; la masse pèse 250 kilogrammes et la hauteur de chute est de 2^m.5. le concasseur peut donner 30 coups à la minute : comme le hall présente de grandes différences de niveau (3^m.5), le tube

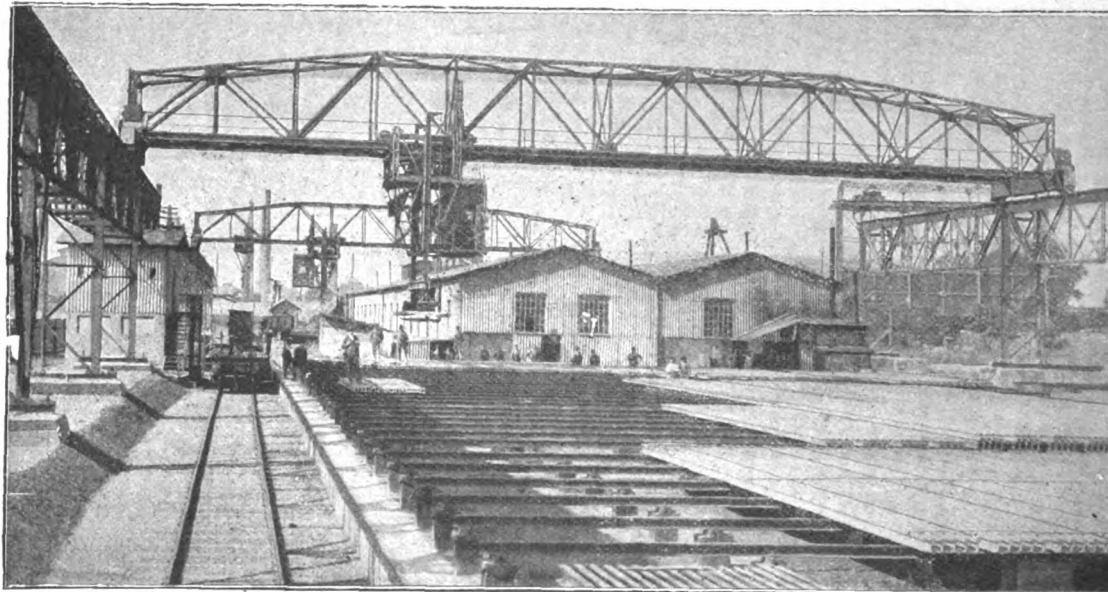


Fig. 360. — Ponts à électro-aimants pour le transport de poutrelles. (Construction Stuckenholz.)

Lorsqu'un wagon est rempli, on descend l'électro-aimant sur les gueuses, on donne le courant et on fait avancer le chariot qui déplace toute la rame.

de guidage est un tube télescopique.

Un pont roulant de construction similaire et fonctionnant dans des conditions identiques est en service aux hauts four-

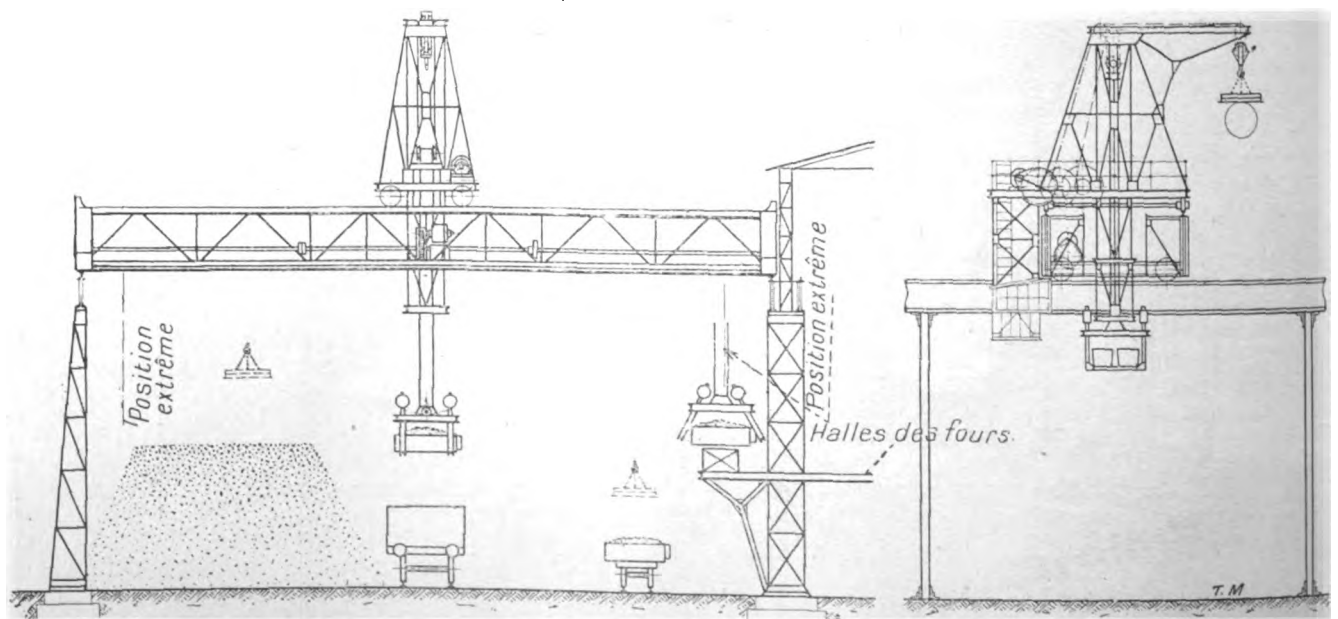


Fig. 361. — Pont roulant à électro-aimant servant comme mouton à boule et comme transporteur.

Si le hall de coulée est long et si l'on ne peut y introduire les wagons qu'à l'une des extrémités, la manutention deviendrait coûteuse, parce que les trajets de l'électro-aimant prendraient trop de temps; il vaut mieux alors décharger les

neaux d'Ambert, en Bavière; ce pont provient de la Maschinenfabrik d'Augsbourg-Nuremberg; il est équipé d'un électro-aimant circulaire Lauchhammer; la force de levage est de 1.000 kilogrammes; le pont, desservi par un seul homme

(le conducteur), peut charger 120 tonnes en 10 heures.

La firme Lauchhammer a construit, pour le haut fourneau de Dortmund et de la Phoenix A. G. für Bergbau und Hüttenbetrieb, un pont pour le chargement des masses où le tube de guidage peut être relevé complètement, de manière à faciliter le mouvement du pont lorsque celui-ci doit être employé seul.

Au lieu de transporter les massaux débités, il peut y avoir intérêt à les enlever d'une pièce, pour les conduire à un concasseur fixe. La firme Lauchhammer a établi pour cet usage un pont roulant muni d'une douzaine d'électro-aimants fixes suspendus à une barre commune à intervalle de 1 mètre à peu près; les pôles de nom contraire se succèdent, de façon à pouvoir enlever des massaux de 15 mètres de longueur. Les pièces sont placées sur le tablier transbordeur du concasseur, d'où les lingots tombent directement dans les wagons. Des crochets se mettent automatiquement sous les massaux pendant le transport.

La Maschinen A. G. Tigler, de Duisburg-Meidenich, a aussi établi un pont roulant pour fonderie présentant quelques particularités intéressantes. Le chariot porte un marteau pneumatique rapide et l'électro-aimant sert à enlever les masses cassées par le marteau pour les placer dans une benne que la grue enlève ensuite; le moteur de levage de l'électro-aimant peut être accouplé au mécanisme de levage du marteau. Le mécanisme du marteau est complètement enfermé et soustrait à la poussière.

La capacité de travail de cet appareil est de 40 à 45 tonnes à l'heure, c'est-à-dire que, pour une coulée de 50 tonnes, la durée de l'opération est de 1 heure 1/4 environ, ce délai comprenant :

20 minutes,	approximativement pour le concassage,
40 — —	pour le chargement de la benne,
15 — —	pour l'enlèvement de celle-ci (parcours de 40 mètres).

Il est donc facile d'aménager le hall entre les coulées successives.

La firme Schenk et Liebe-Harkort a établi un groupe de ponts de fonderie remarquables par la simplicité de leur construction et l'augmentation de sécurité qui y est atteinte. Dans l'un de ses modèles, l'électro-aimant est suspendu à un chariot mobile sur un plan incliné; il saisit les masses et les remonte jusqu'au chariot; celui-ci est alors entraîné automatiquement par le mécanisme de levage le long du chemin incliné, du sommet duquel les pièces sont détachées dans une benne basculante suspendue au pont.

Le mode de travail le plus simple pour le service des paires à ferraille consiste à transporter les bennes remplies de ferrailles au moyen d'un transporteur approprié; mais ce procédé n'est pas le plus économique; de même que pour les halls de coulée, il y a naturellement intérêt à pouvoir employer le pont à électro-aimant pour amener les auges remplies au niveau des fours.

Dans la disposition représentée par la figure 361, un chariot pour la benne est placé entre les longerons principaux, et l'électro-aimant est normalement employé comme mouton à bouler. Le même pont roulant permet d'exécuter les différentes opérations de levage.

Dans les usines où l'on convertit les ferrailles en briquettes, il y a intérêt à pouvoir assurer le service de la presse au moyen du pont roulant de chargement, de façon à réduire les manutentions au minimum. Ce mode de travail a été particulièrement étudié par la firme Lauchhammer; et pour la mettre en application de la façon la plus avantageuse, la presse spéciale est placée en contre-bas du hall de coulée. On peut

ainsi y déverser directement les ferrailles, puis enlever à l'aide de l'électro-aimant les briquettes confectionnées.

La figure 362 représente un pont roulant à électro-aimant, installé aux établissements Stumm frères de Neunkirchen, pour le chargement des rails.

Le pont roulant a 37 mètres de longueur et il peut faire un parcours de 120 mètres; il porte deux électro-aimants en fer à cheval, se déplaçant sur une traverse qui permet de les écarter jusqu'à 10 mètres l'un de l'autre; des crochets viennent automatiquement se placer sous les rails enlevés par l'électro-aimant, afin d'empêcher leur chute s'ils venaient à se détacher; ces crochets sont fixés au chariot, de manière à ne pas charger le mécanisme de levage, comme cela a lieu avec les dispositifs anciens employés dans le même but.

Les crochets ou pinces de sûreté sont aussi employés dans la manutention des tôles.

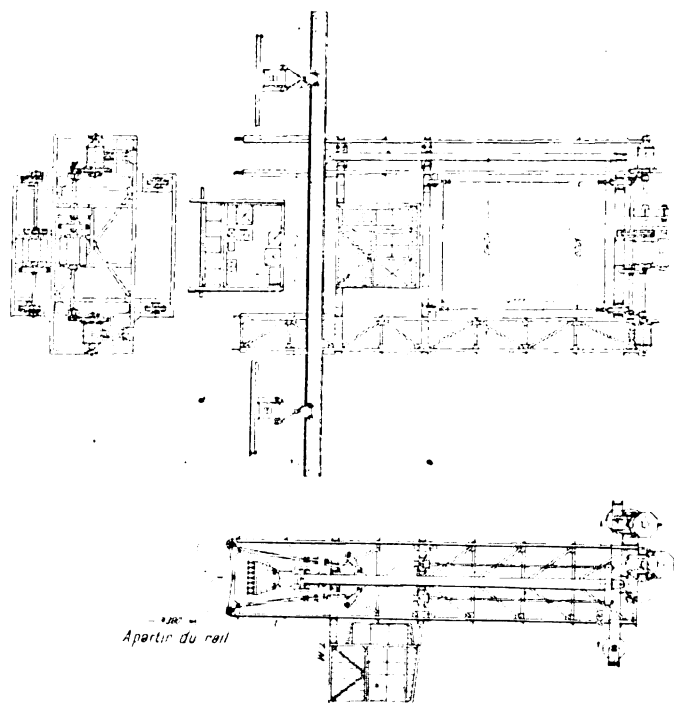


FIG. 362. — Pont roulant à électro-aimant de Neunkirchen.

Dans une construction, que l'on peut considérer comme une variante de la disposition précédente et qui est également employée pour la manutention des rails, les électro-aimants peuvent simplement recevoir un déplacement vertical, étant suspendus à des barres non susceptibles de balancement; mais les rails sont déposés par ces électro-aimants mêmes sur une plate-forme suspendue latéralement et qui, elle, reçoit au moment voulu un déplacement qui l'amène sous la charge. Ce système est dû aux établissements de Kneuttingen du Lothringer Hütten Verein Aumetz-Friede, ainsi qu'aux Friedrichshütte. Dans la première de ces installations, les électro-aimants employés sont deux électro-aimants Siemens-Schuckert, très aplatis dans le sens de la longueur et capables de soulever chacun 3.500 kilogrammes.

Jusqu'ici les électro-aimants n'ont guère été employés dans la manutention des tuyaux de fer ou d'acier; ces objets sont facilement manipulés à la main ou mécaniquement, et il faut généralement un ouvrier pour les déposer dans le wagon, de sorte que l'emploi des électro-aimants ne présente pas d'avantage appréciable; en outre, pour les tubes de fonte minces, ceux-ci peuvent être détériorés dans les opérations effectuées au moyen des électro-aimants; enfin, à moins que l'on emploie

plusieurs électro-aimants, il y a danger de voir les pièces ne pas être prises assez au milieu pour être bien équilibrées.

Mais ces inconvénients n'existent plus avec les tuyaux de grandes dimensions dont la manutention présente, effectuée par les procédés ordinaires, des difficultés qui rendent les électro-aimants désirables. Aussi, les Bismarckhütte ont-ils acquis un pont roulant de la Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, pour le levage magnétique de tuyaux de 10 tonnes.

Les deux électro-aimants, dont les pièces polaires sont concaves, sont suspendus à un châssis en fers C; ils ont 580 millimètres de diamètre et pèsent 510 kilogrammes. Tout le chariot du pont peut pivoter sur lui-même, de façon à permettre de faire passer les tuyaux, qui ont 8 mètres de longueur, par la porte du hall voisin, qui n'a que 4 mètres de largeur; des étriers de sûreté peuvent se placer sous le tuyau pour en empêcher la chute.

L'emploi de dispositifs de ce genre est particulièrement nécessaire lorsqu'il s'agit de manipuler des pièces de grandes dimensions, comme des tôles, des barres de fer, etc., dont les oscillations peuvent provoquer la chute. Avec des électro-aimants fixes, les organes de sûreté consistent ordinairement en crochets, pinces ou étriers fixés au châssis ou au chariot et actionnés mécaniquement.

Avec les électro-aimants à suspension élastique, on emploie aussi des crochets fixés à l'extrémité de châssis et mis en place à la main; cette méthode est appliquée au port de Worms, avec un pont roulant de la Maschinenbau AG. vorm. J. Losenhausen.

Mais il vaut mieux sans doute que les pinces ou crochets, agencés sur le châssis des électro-aimants, soient placés sous la commande du pont; il y a plusieurs années déjà, les établissements Siemens-Schuckert avaient établi un électro-aimant de levage muni de dispositifs de sûreté manœuvrés par un petit moteur de 1/2 cheval; aujourd'hui, le mécanisme de commande est généralement reporté sur le chariot.

Dans un récent modèle de la Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, les crochets, pliés à angle droit, pivotent sur eux-mêmes, la branche inférieure se déplaçant ainsi dans un plan horizontal; le mouvement leur est donné à tous à la fois par des barres d'accouplement que des ressorts tendent à ramener dans la position où les crochets laissent la charge libre.

Ainsi les électro-aimants peuvent être employés avec avantages sur tous les appareils de manutention, principalement dans les aciéries, les chemins de fer et la fonderie.

Quand on a affaire à de la mitraille éparpillée, il est préfé-

rable de la mettre en paquets avant de la porter au four. Dans ce but, les ateliers de construction Stuckenholz ont étudié des presses électriques qui donnent des paquets bien serrés, qui n'ont pas besoin d'être entourés d'un fil de fer.

La ferraille est déchargée directement dans les trémies des presses, par les grues à électro-aimant, puis mise en paquets et ensuite expulsée directement dans les auges de chargement placés devant la presse ou bien mise en tas par des aimants de levage.

Le transport des auges à mitraille pleines jusqu'au hall du four est effectué soit par des treuils électriques, munis d'une cabine de conducteur, soit par des ponts roulants à flèche, qui peuvent aller déposer leur charge jusque dans le hall des fours au-dessous de leur propre voie de roulement.

Pour un certain nombre de manipulations les appareils électriques peuvent être préférés aux électro-aimants. D'ail-

leurs ces derniers étant d'un emploi très récent, nous trouvons encore dans les usines une majorité d'appareils électriques.

A titre de documentation nous allons donner les caractéristiques d'un certain nombre de ponts roulants électriques⁽¹⁾ installés dans des usines métallurgiques.

Pour desservir le hall de coulée de la nouvelle fonderie d'acier de la Société des Hauts Fourneaux d'Anzin, la Société Delattre a établi deux ponts roulants de 15 tonnes,

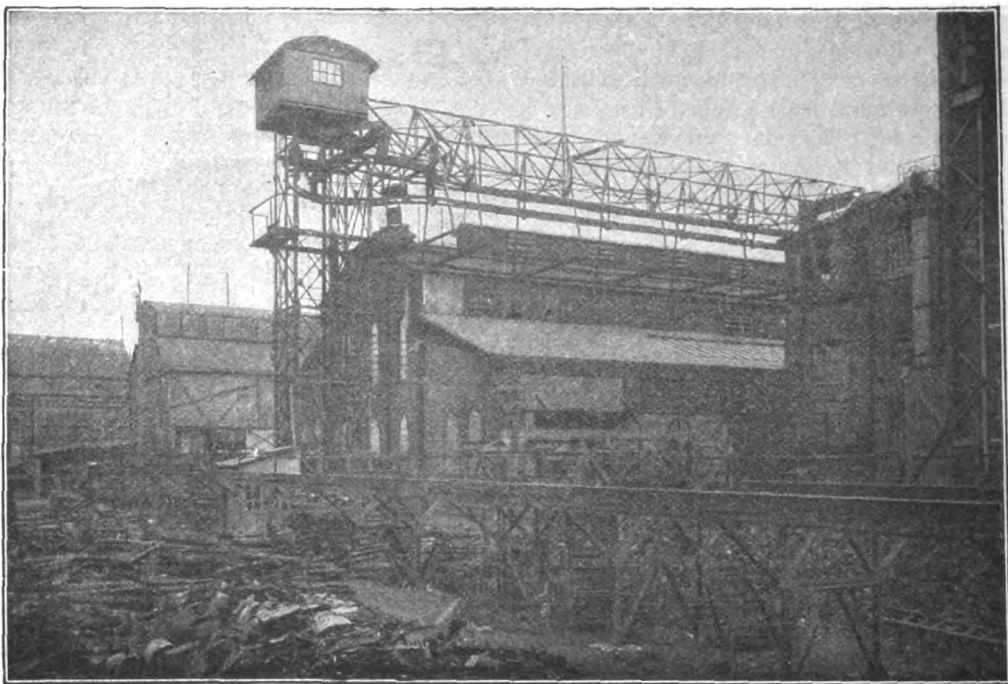


FIG. 363. — Installation d'alimentation de cubilots. (Construction Ad. Bleichert.)

nes, d'une portée de 19^m.100, actionnés par trois moteurs: un moteur de 40 HP pour le mouvement de levage, un moteur de 3,5 HP pour le mouvement de direction et un moteur de 15 HP pour le mouvement de translation.

The Tramway development Co. Ltd de Birkenhead possède un pont de 70 tonnes, levant 70 tonnes à la vitesse de 2 mètres par minute, 15 tonnes à 10 mètres par minute. La translation s'opère à 46 mètres par minute à pleine charge et à 57 mètres à faible charge. La vitesse de direction est de 25 mètres par minute à pleine charge et de 30^m.50 par minute à faible charge. Les moteurs alimentés par un courant continu de 440 volts, distribué à trois fils, servent pour le levage (moteur de 52 HP, 290 tours par minute), la translation (moteur de 45 HP, 320 tours par minute) la direction (moteur de 30 HP, 450 tours par minute).

La Société Ransomes et Rapier Ltd utilise un pont de 60 tonnes, de 20 mètres de portée. La vitesse de levage de la pleine charge est de 3^m.50 par minute et la vitesse du crochet auxiliaire de 10 tonnes est de 8^m.75 par minute. Un

⁽¹⁾ Voir Ponts roulants électriques, pages 68 et 69.

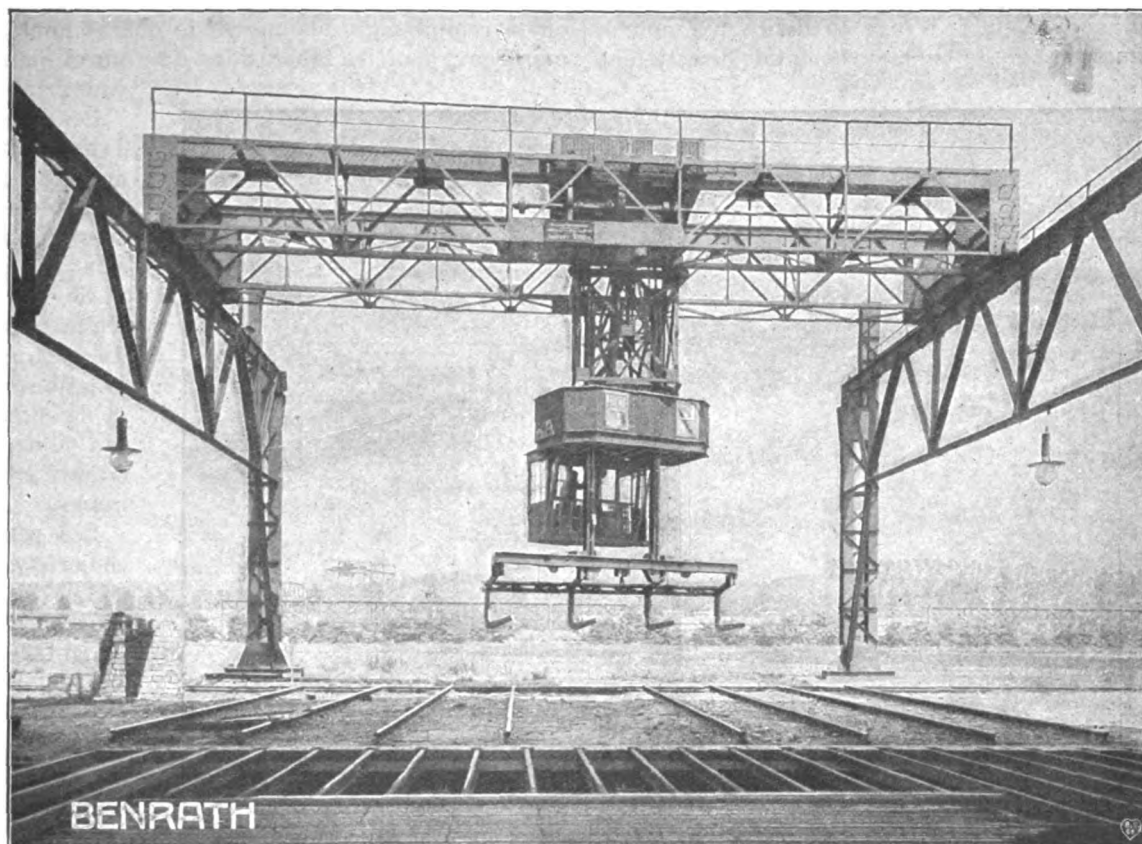


FIG. 364. — Pont avec mécanisme de levage pour le transport de fers en barres.

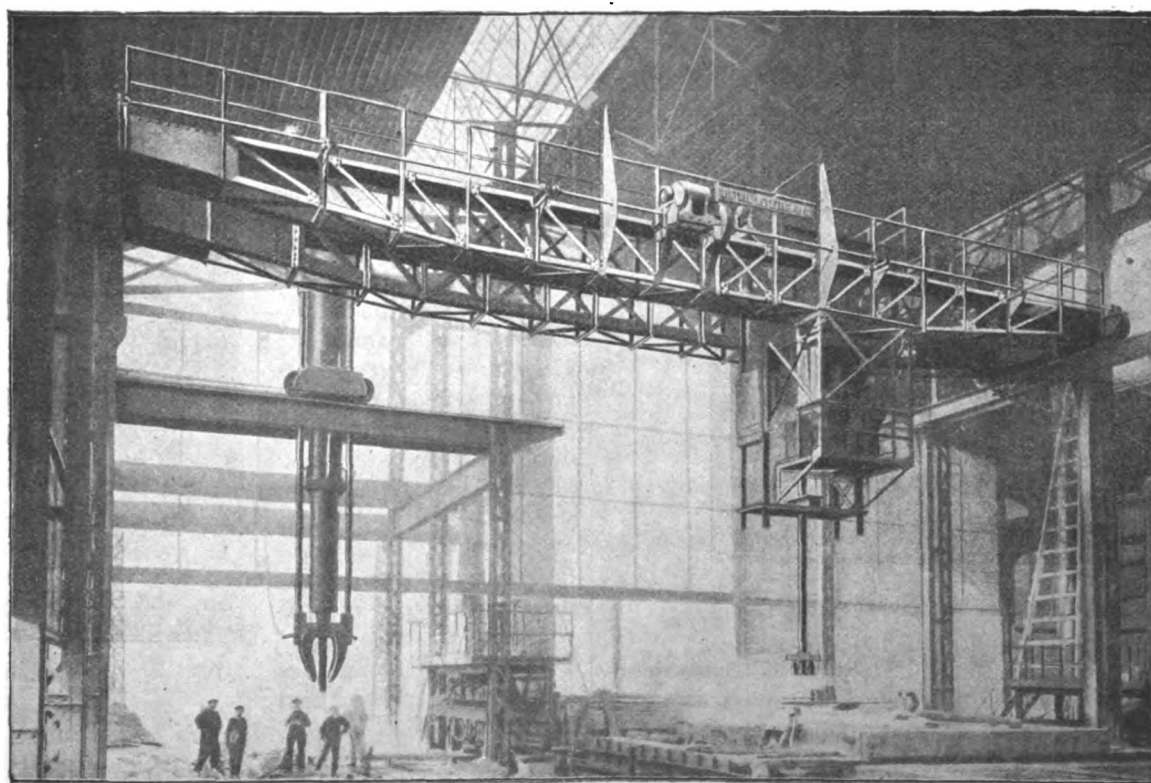


FIG. 365. — Pont roulant électrique pour la manutention des lingots d'acier dans les pits avec mouvements actionnés par 5 électro-moteurs. (Construction Biérix, Lefaive et C^{ie}.)

moteur de 60 HP, 480 tours par minute, sert au mouvement de levage principal; un moteur de 25 HP, 720 tours par minute, sert au mouvement de levage auxiliaire; un moteur de 15 HP, 120 tours par minute, au mouvement de direction et

également de bons résultats. Ces treuils auxiliaires sont utilisés pour l'alimentation des fours avec des charges liquides ou le remplissage des auges de chargement avec de gros morceaux, pour les réparations du four et bien d'autres travaux.

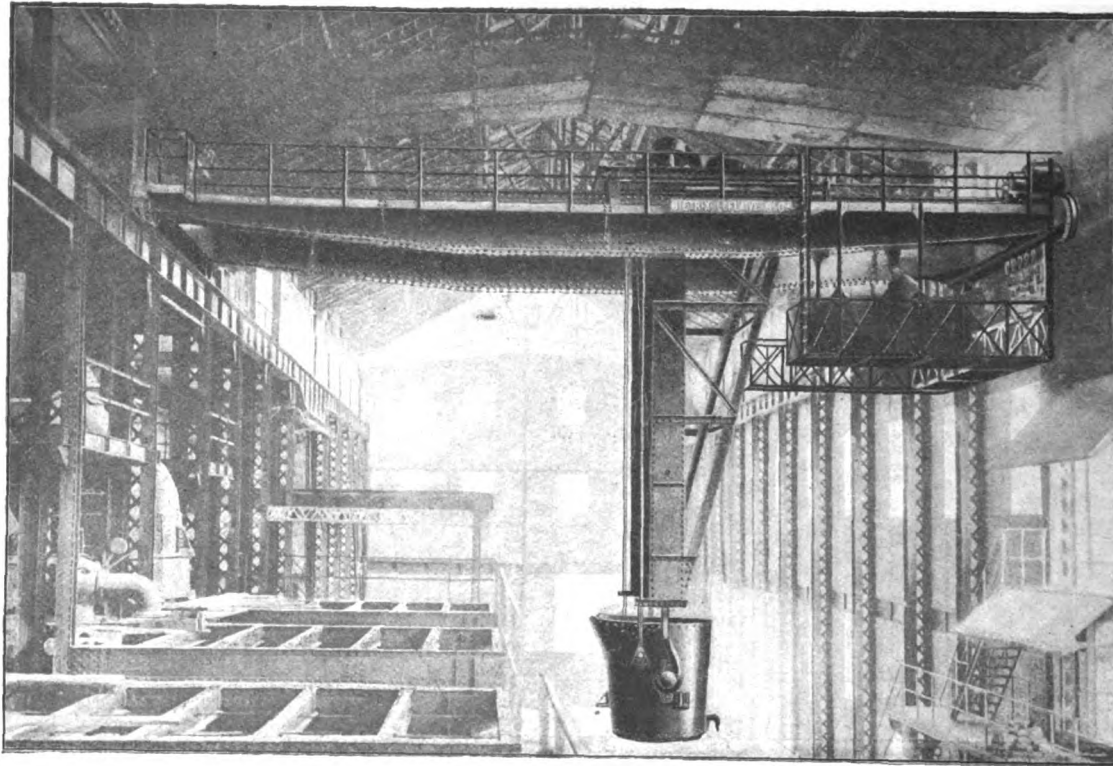


FIG. 366. — Pont roulant électrique de 35 tonnes pour coulée d'acier, avec mouvement auxiliaire pour la manœuvre de la poche. (Construction Biérix, Leflaive et C^{ie}.)

un moteur de 45 HP, 480 tours par minute, au mouvement de translation.

Pour les ateliers de chaudronnerie des hauts fourneaux de Denain et Anzin, les ponts roulants de 12 tonnes ont une portée de 17^m,750 et possèdent trois moteurs de 10 HP pour le levage, 2 HP pour la direction et 7,5 HP pour la translation.

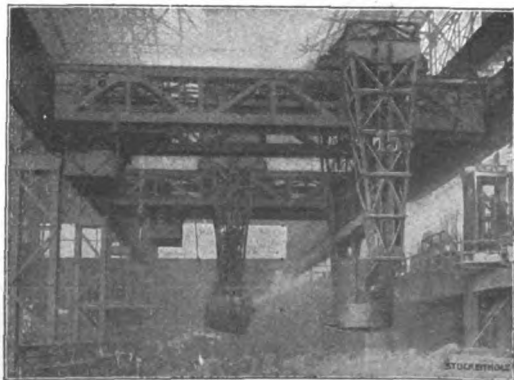


FIG. 367. — Ponts roulants pour couler l'acier.

Les chargeuses pour fours Martin ⁽¹⁾ les plus usitées aujourd'hui sont les ponts roulants électriques chargeurs à auges, munis d'un bras de chargement pouvant faire un tour complet. Munis de treuils auxiliaires, ces ponts chargeurs donnent

(1) Voir moteur de chargeuse pour fours Martin dans le chapitre *Commande électrique*, p. 34.

également de bons résultats. Ces treuils auxiliaires sont utilisés pour l'alimentation des fours avec des charges liquides ou le remplissage des auges de chargement avec de gros morceaux, pour les réparations du four et bien d'autres travaux.

Les ponts roulants à couler (fig. 366, 367, 368^{bis}, 372, 373) s'imposent de plus en plus aux lieux et places des chariots roulant sur le sol. Pour pouvoir culbutter la poche de plusieurs côtés, on pose sur le chariot principal deux ou plusieurs treuils auxiliaires qui peuvent être attachés à tour de rôle par le même moteur, ou bien encore on fait circuler à l'intérieur de la poutre principale un chariot auxiliaire spécial, qui convient également très bien pour d'autres travaux de déplacement. Si c'est nécessaire, on peut même prévoir le treuil principal tout entier avec mouvement de rotation. Les mécanismes de culbutage automatique permettent au conducteur du pont d'être complètement maître de la direction du jet de coulée, car le bec de la poche ne modifie plus sa position pendant le culbutage.

Les ponts roulants dé-mouleurs à commande électrique Stuckenholz ont reçu de très sérieux perfectionnements ces dernières années. La manœuvre des pinces qui saisissent les lingotières et les lingots (fig. 374) se fait par le seul mouvement du poinçon-presse qui chasse le lingot de sa lingotière. L'écartement des branches des pinces peut varier dans les plus grandes limites. Comme la pince peut tourner autour de son axe vertical, les lingots et les lingotières sont saisis dans n'importe quelle situation. Ces pinces conviennent aussi pour descendre les lingots dans les fours pits. On n'a donc besoin de ponts roulants spéciaux pour ce



FIG. 368. — Pont roulant à couler.

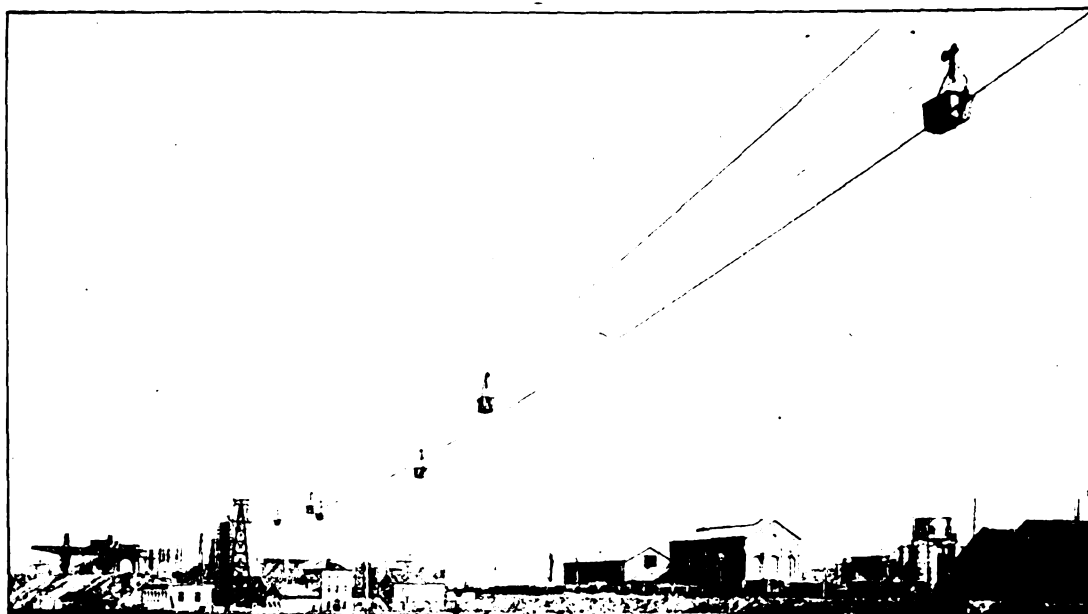


FIG. 369. — Portée libre de 200 mètres.

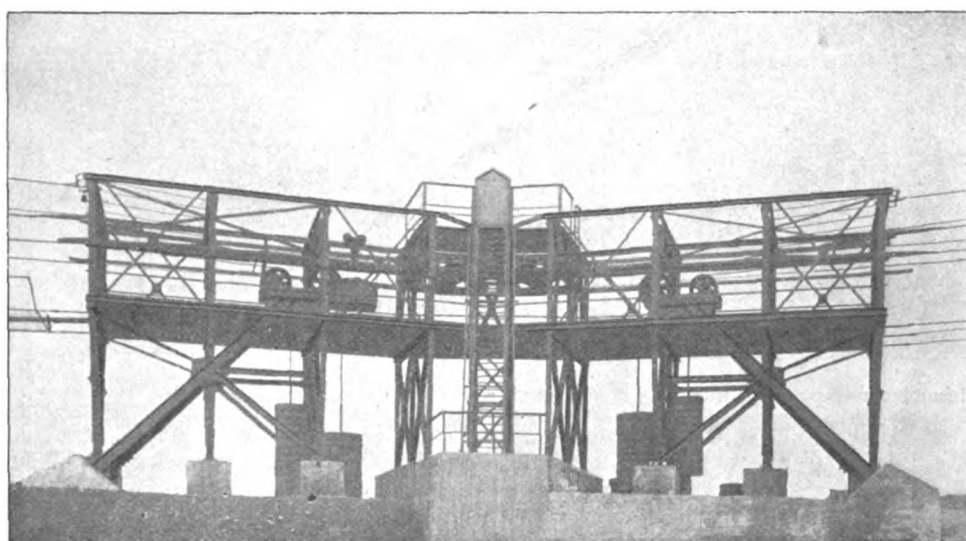


FIG. 370. — Station d'angle.

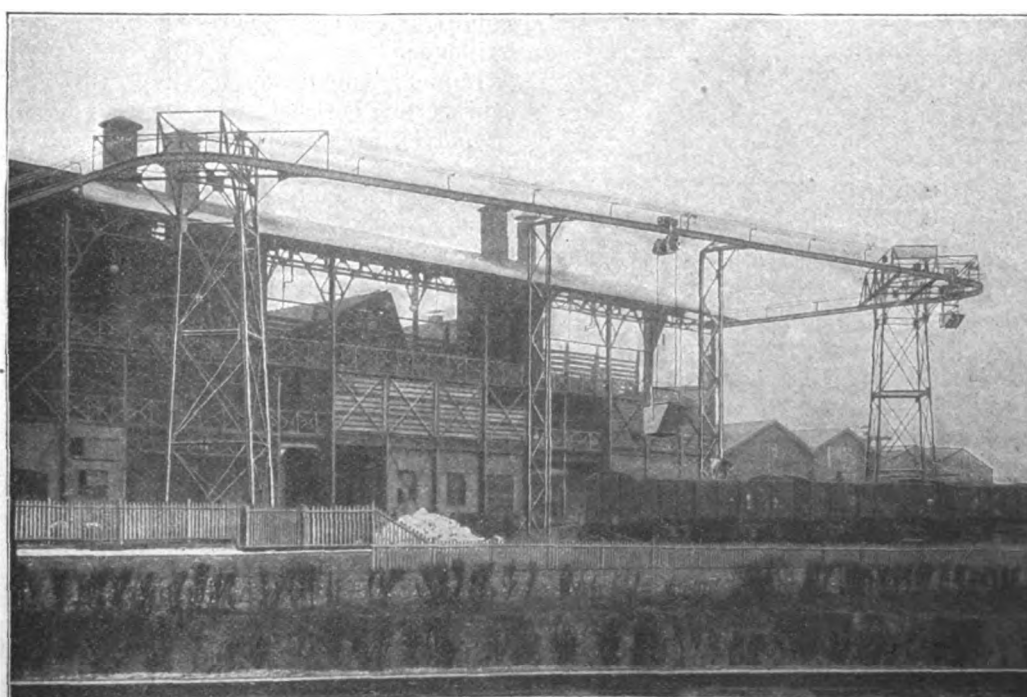


FIG. 371. — Voie suspendue électrique pour le transport de blooms de coke et sable. (Construction Ad. Bleichert.)

travail que lorsque le hall des pits et le hall de coulée sont séparés l'un de l'autre par un certain espace ou lorsque le service est très intensif. Ces ponts spéciaux pour pits (*fig. 365*), ou les ponts démouleurs qui desservent en même temps des fours

niveau entre les points de départ et d'arrivée est de 150 mètres. La quantité transportée par heure est de 130 à 140 tonnes. La charge unitaire des wagonnets est de 1.000 kilogrammes. Le laitier, le schiste de mine et les décombres sont amenés des

divers services des usines par le chemin de fer privé de la Société et sont déversés, le premier dans une immense cuve de granulation, le reste directement dans des silos.

Un pont roulant à grappin prend le laitier granulé dans la cuve et le déverse dans les silos; ces derniers, qui ont plus de 100 mètres, sont pourvus de 70 goulottes avec becs d'écoulement, sous lesquelles les wagonnets de l'aérien viennent se placer (*fig. 379*).

La station de départ est établie sur le sol; les wagonnets, en arrivant, se détachent automatiquement du câble tracteur et vont se placer sous les goulottes pour y être chargés. Une fois chargé, chaque wagonnet parcourt, grâce à une pente favorable, le trajet qui le sépare du point d'accrochage, point où les mâchoires de la pince

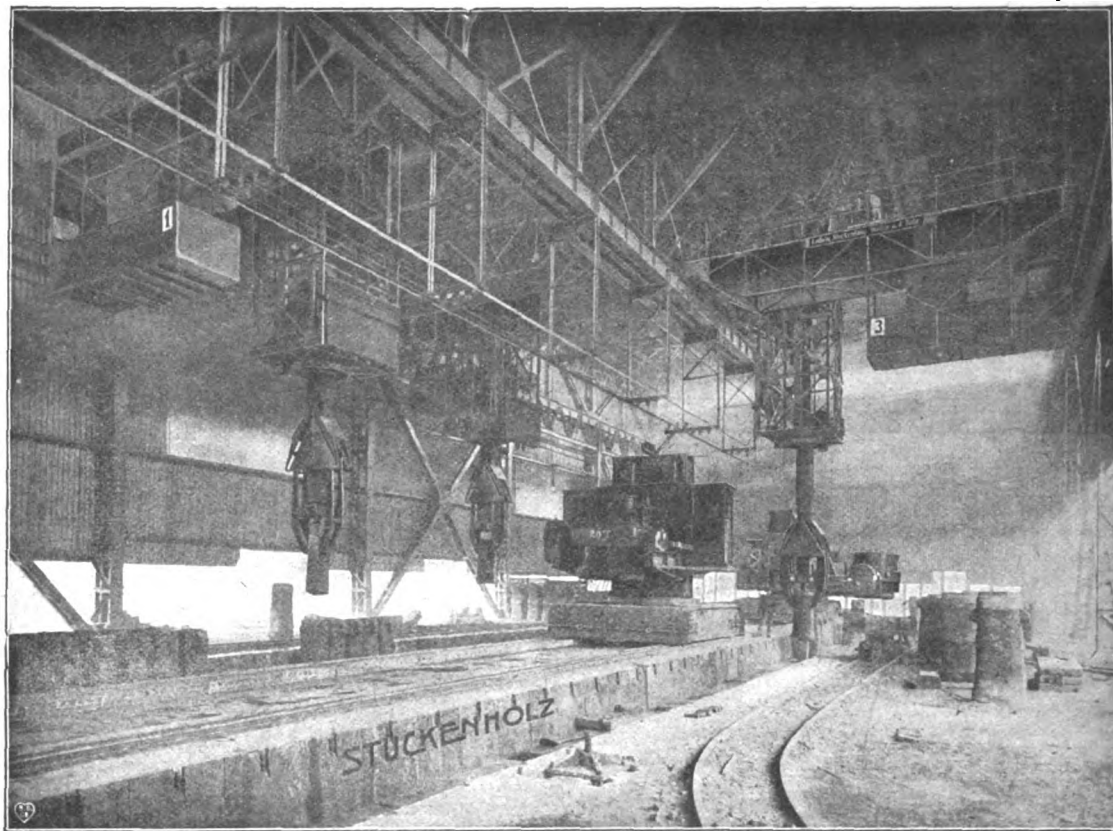


FIG. 372. — Hall de coulée avec points de mouleurs et chariot de coulée. (Construction Stuckenholtz.)

pits, sont très souvent munis de treuils auxiliaires pour la manœuvre des couvercles des fours.

Des ponts roulants du genre des ponts chargeurs à auge, mais avec pince robuste au lieu d'auge, se chargent de transporter, des fours à réchauffer au train de rouleaux d'amenée

s'ouvrent automatiquement et se referment de même, aussitôt que le câble tracteur, guidé par des poulies, s'est introduit entre elles (*fig. 380*).

Le wagonnet parcourt toute la voie aérienne dans les deux sens sans se détacher du câble tracteur et sans surveillance.

Immédiatement après leur sortie de la station (*fig. 381*), les wagonnets ont à gravir la rampe; ils s'engagent ensuite sur une portée libre de plus de 200 mètres (*fig. 369*), puis ils passent sur le pont de protection construit au-dessus du raccordement de l'usine, d'une rue très large et du chemin de fer Nord belge. Entre le pont et la première station d'angle, la ligne passe au-dessus de plusieurs groupes de maisons et de rues populaires. Presque tout le parcours est protégé par des filets métalliques. La première station fait un angle de 134°; la seconde est disposée comme station de tension et, après la dernière station, les wagonnets

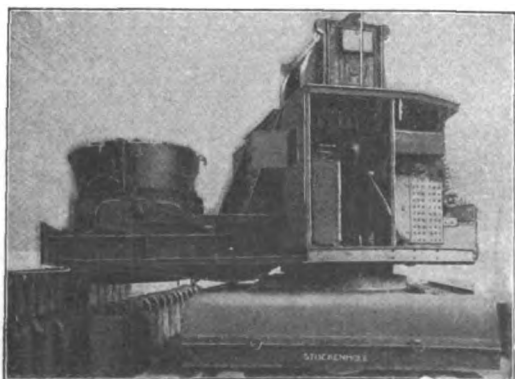


FIG. 373. — Chariot à couler à commande électrique.

de la cage blooming, les lingots dont la transformation doit se poursuivre au laminoir.

Les usines de la Société anonyme John Cockerill, à Seraing (Belgique), utilisent un **chemin de fer aérien sur câbles** construit par la maison Beer, de Liège.

La voie a une longueur de 2.200 mètres et la différence de

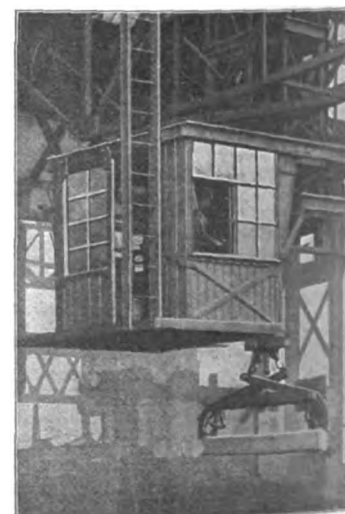


FIG. 374. — Pont pour transport de lingots muni d'une pince à degrés.

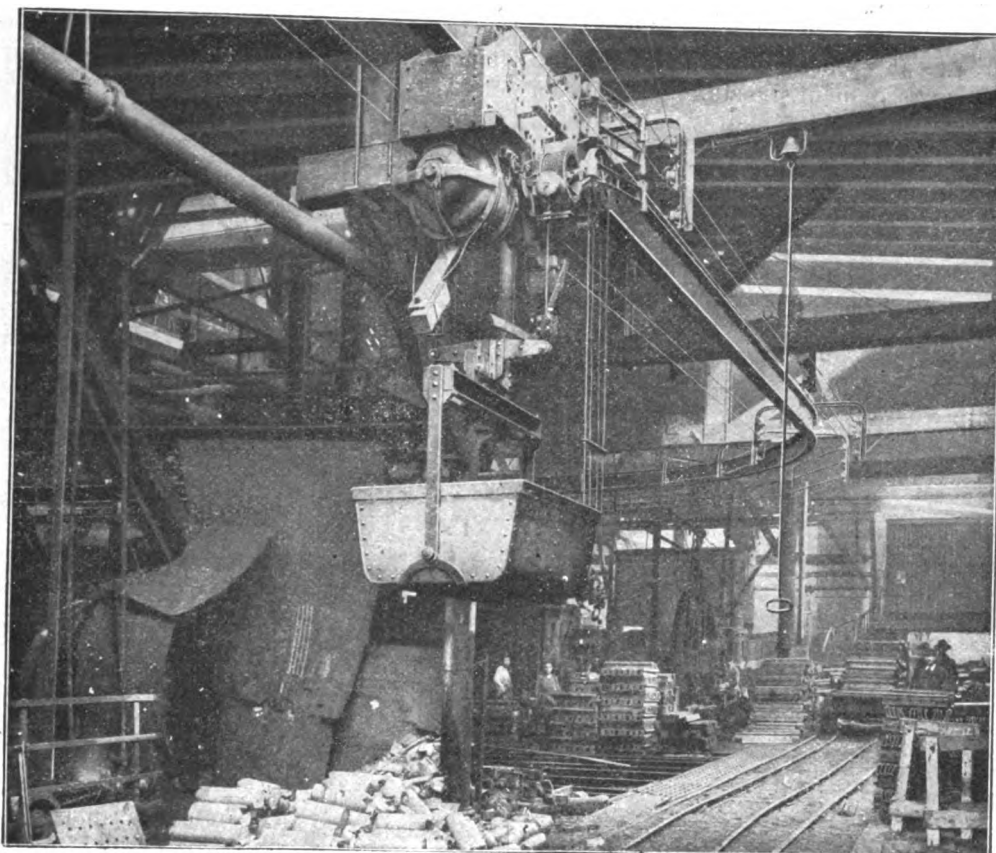


FIG. 375. — Voie suspendue électrique pour transport de blooms. (Construction Ad. Bleichert.)

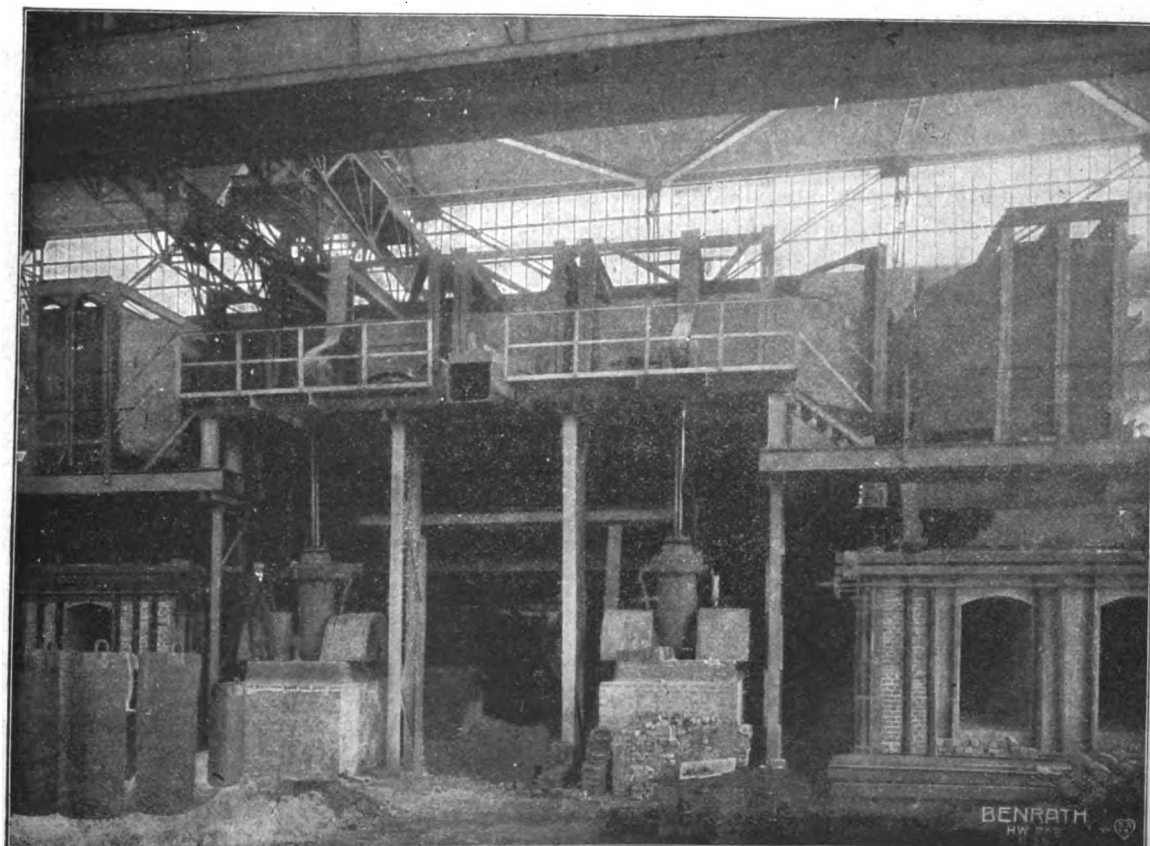


FIG. 376. — Mélangeur réchauffeur à foyer plat avec mouvement de renversement hydraulique. (Construction Stuckenholtz.)

gravissent une forte rampe qui les amène à la station d'arrivée, où ils se détachent automatiquement du câble tracteur pour aller se déverser. Ils s'accrochent ensuite au câble qui les ramène à la station de chargement. La station d'arrivée a son plancher qui est à une hauteur de 30 mètres au-dessus du sol et le treuil de commande qui y est placé pèse seul plus de 35.000 kilogrammes.

Deux puissants moteurs électriques, dont un de réserve, actionnent l'aérien à une vitesse de 2^m,25 par seconde.

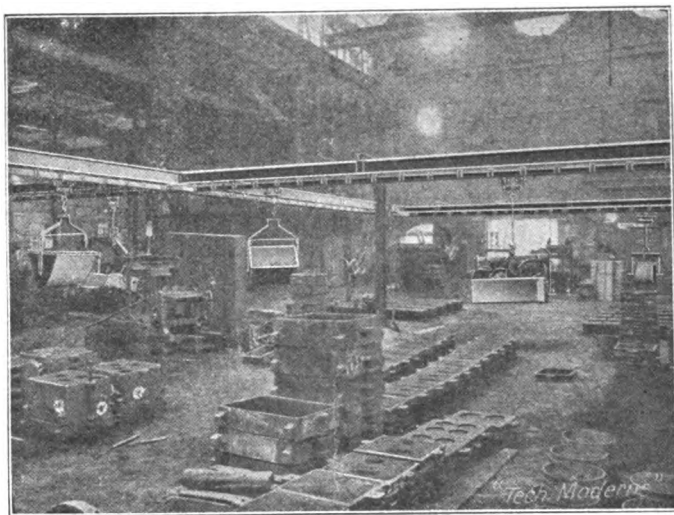


FIG. 377. — Installation d'une voie aérienne dans une fonderie. (Système Tourtellier.)

La station d'arrivée doit servir de point de départ à l'immense terril qu'il s'agit de former. Dès qu'elle sera comblée, c'est-à-dire lorsque le dépôt aura atteint le plancher, on raccordera à la voie existante un tronçon qui sera successivement allongé jusqu'à ce que le terril ait atteint la hauteur de 75 mètres, qui ne peut être dépassée dans le voisinage des forts de la Meuse.

A cette hauteur, la voie de déversement automatique sera

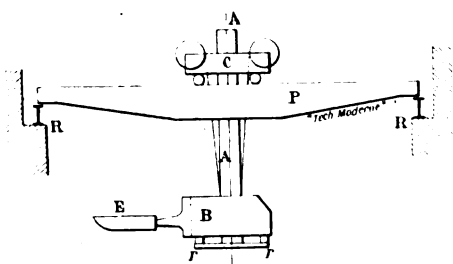


FIG. 378. — Schéma d'un pont roulant de chargeuse de four Martin.

quatre heures.

Un autre exemple de voie aérienne installée dans une fonderie et qui y rend les plus grands services, est celui d'une voie suspendue à trolley système Tourtellier, que représente notre figure 377.

La Société alsacienne de Constructions mécaniques a installé une **chargeuse de four Martin** dans laquelle le pont roulant P (fig. 378) possède un mouvement de translation sur le chemin de roulement R. Sur ce pont se déplace un chariot C (mouvement de direction). Ce chariot est traversé par un axe vertical A mobile de haut en bas et de bas en haut, mais

ne pouvant tourner sur lui-même; à la partie inférieure de A se trouve un chemin circulaire r qui supporte la cabine B du mécanicien; des treuils situés sur le chariot opèrent la levée de A et par conséquent de la cabine elle-même. Cette der-



FIG. 379. — Wagonnets rangés au-dessous des goulottes.

nière peut tourner autour de A en s'appuyant sur r , et porte à l'extrémité d'un bras l'auge de déchargement, à laquelle on peut imprimer un mouvement de rotation de 180° autour d'un axe horizontal.



FIG. 380. — Dispositif servant à l'ancrage au sol du câble porteur des wagonnets chargés.

Cette chargeuse possède donc cinq mouvements principaux à chacun desquels correspond un moteur : 1° moteur de translation de tout le système; 2° moteur de direction du chariot; 3° moteur de levage; 4° moteur de rotation de la cabine avec l'auge, et 5° moteur de renversement de l'auge.

Tous ces moteurs sont commandés depuis la cabine B, ce qui nécessite l'emploi d'un collecteur à bagues assez important, représenté nettement dans le schéma de montage (fig. 382); il y a vingt et un frotteurs.

Le mécanicien dans sa cabine a sous la main cinq contrôleurs dont un simple, pour la commande du moteur de levage, et deux contrôleurs doubles à commande universelle, l'un pour la commande de la rotation et de la translation, l'autre pour la commande de la direction et du renversement.

La cabine renferme également un petit tableau de dis-

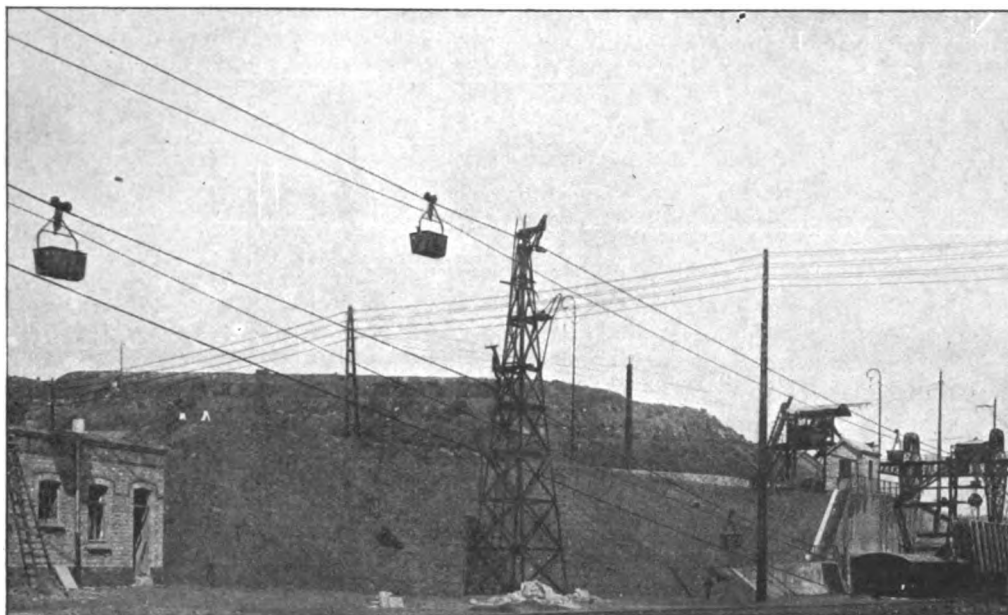


FIG. 381. — Vue de la ligne de transport à la sortie de la station de départ.

circuit de moteur et coupe-circuits fusibles. Les cinq moteurs sont à courant continu excitation série. A chaque moteur est annexé un frein magnétique. Les positions limites de la cabine dans le sens vertical ne peuvent être dépassées, grâce au fonctionnement d'un interrupteur fin de course, qui coupe automatiquement le courant du moteur de levage et fait

fonctionner le frein magnétique correspondant, quand la position limite est atteinte.

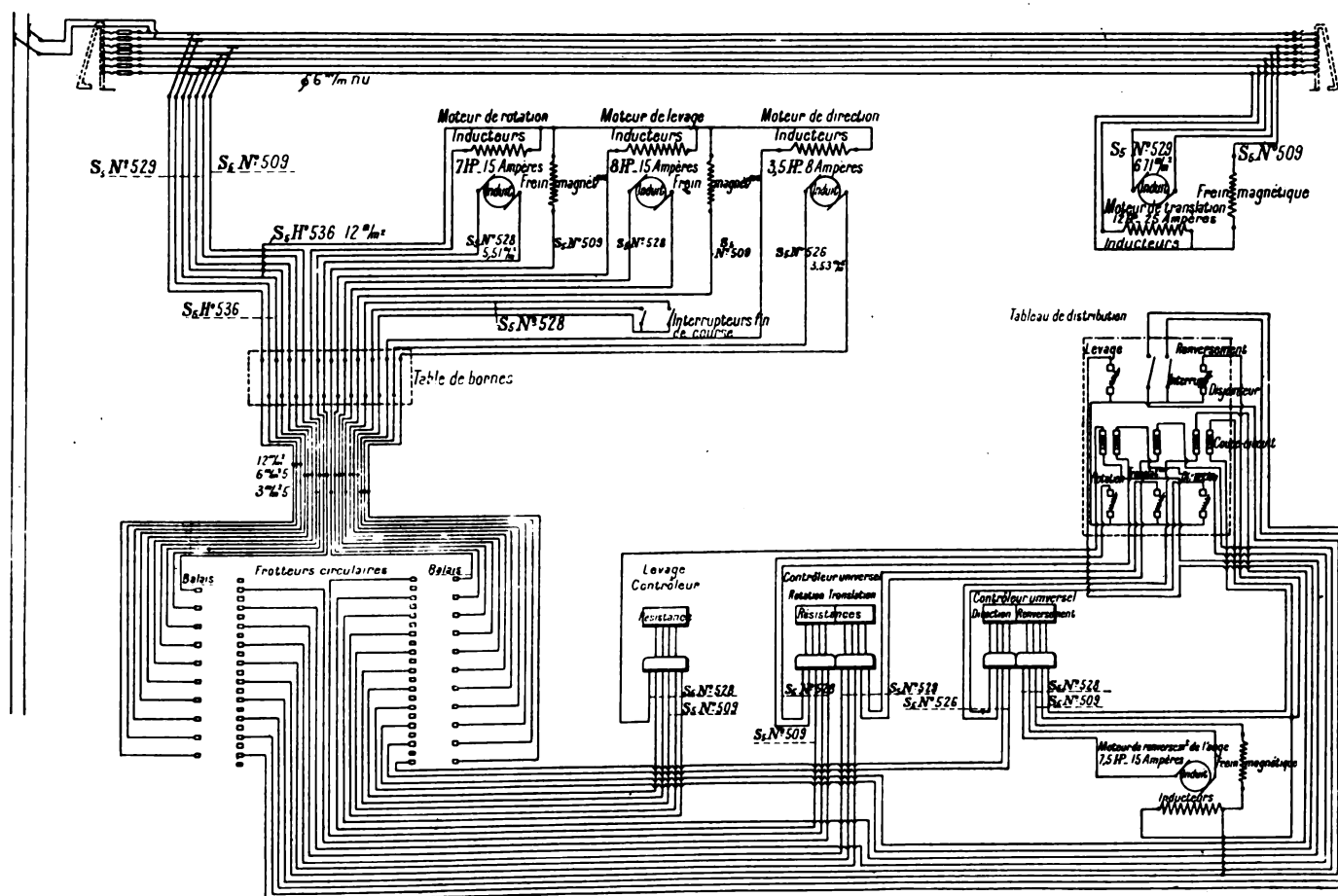


FIG. 382. — Schéma des connexions électriques pour chargeur de four Martin. (Société alsacienne de Constructions mécaniques.)

APPAREILS DE MANUTENTION DANS LES HAUTS FOURNEAUX

Dans les hauts fourneaux modernes, l'alimentation du gueu-

trémité de la course et double fermeture du gueulard, en des monte-charges culbuteurs avec voies superposées et entonnoir répartisseur tournant, en des installations à voies situées à côté ou au-dessus de l'une ou l'autre pour bennes culbutantes du système Tümmeler-Dr Neumarek, avec fermeture rotative et tube à gaz central.

Les monte-charges du système Stähler et Benrath sont disposés pour que la benne cylindrique à fond mobile serve en même temps d'entonnoir de chargement du gueulard, évitant ainsi des chutes répétées de la charge et le broyage du coke. Pour empêcher le dégagement du gaz pendant le chargement, le chariot de roulement porte-benne est muni d'un couvercle qui vient se placer sur la benne peu avant la pose de celle-ci et empêche ainsi les gaz de sortir du haut fourneau pendant la durée du chargement.

La manœuvre du monte-charge se fait soit exclusivement suivant les indications de l'indicateur de hauteur qui renseigne sur

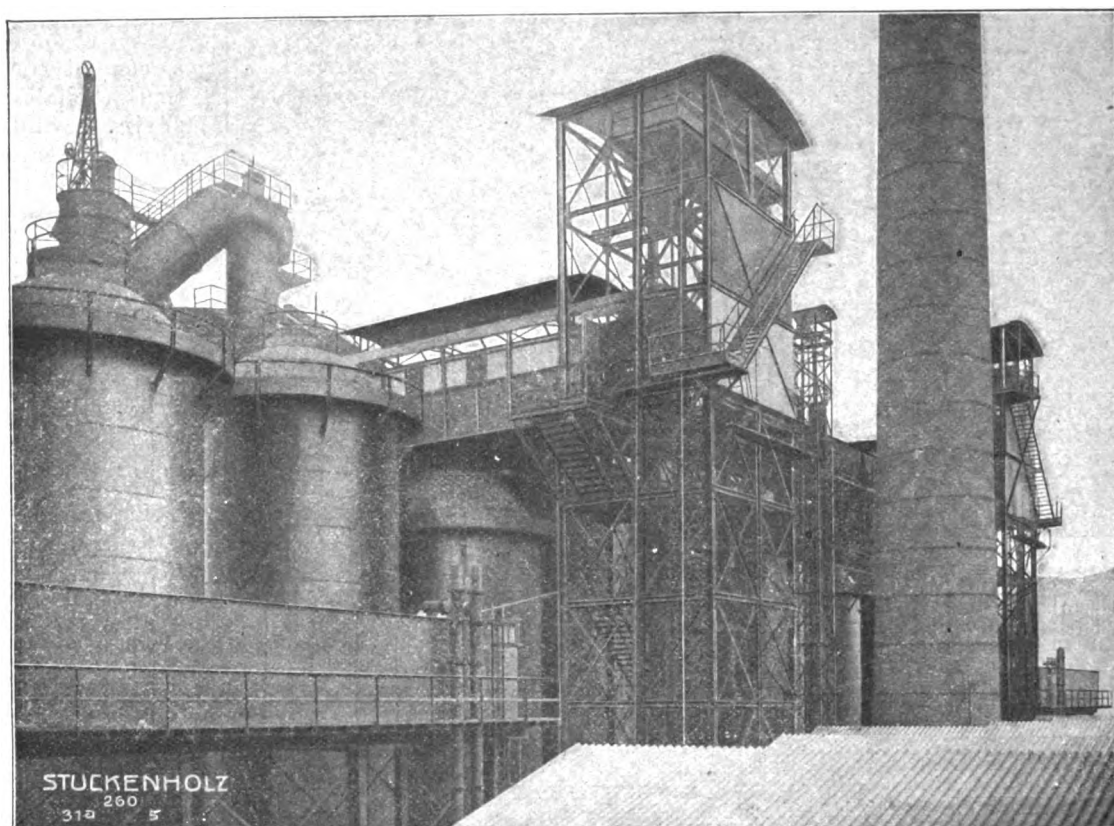


FIG. 383. — Monte-charges verticaux.

lard se fait presque exclusivement au moyen de monte-charges inclinés (fig. 384 à 387). De cette façon on n'a besoin d'aucun ouvrier sur la plate-forme du gueulard, puis la charge, qui ne tombe jamais d'une grande hauteur, est répartie d'une façon mathématiquement régulière sur toute la section du four. De plus, les appareils sont munis de dispositifs de sûreté qui rendent pour ainsi dire impossible tout accident ou toute interruption de service.

Les installations de chargement de hauts fourneaux de la maison Stuckenholtz consistent en des monte-charges à voie unique ou à deux voies posées l'une à côté de l'autre avec vidange automatique des wagonnets par culbutage à l'ex-

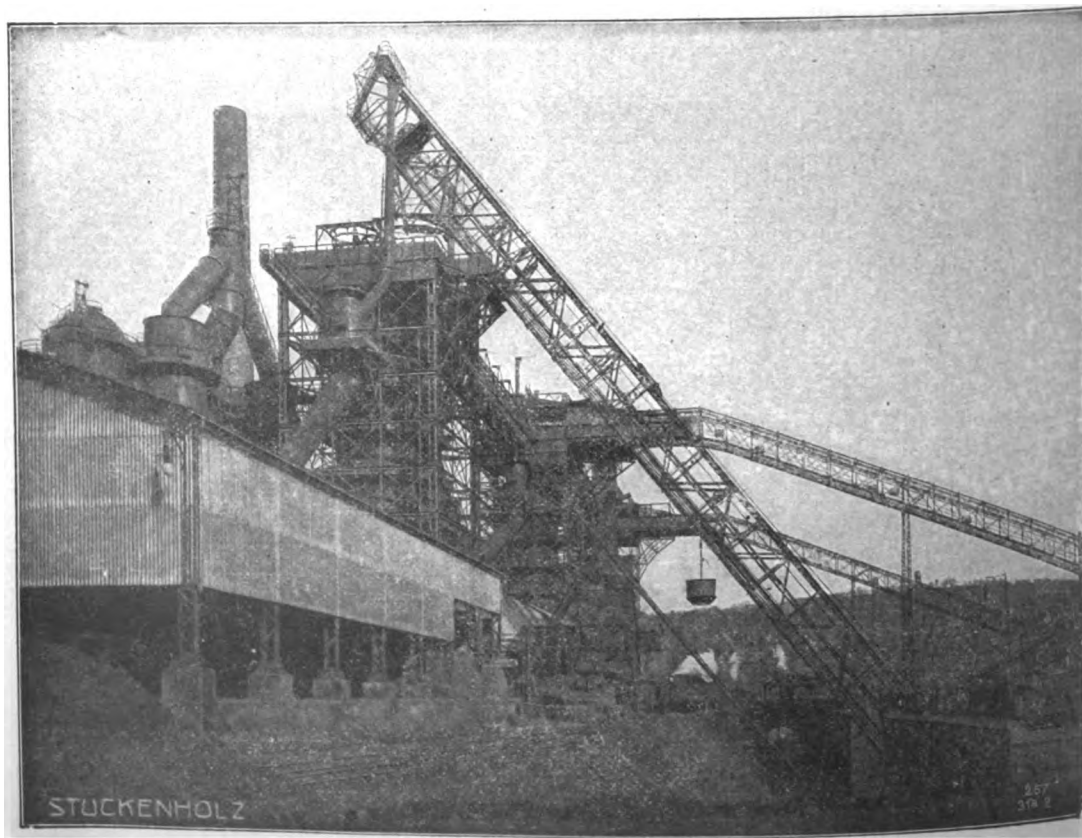


FIG. 384. — Monte-charge incliné du système Stähler et Benrath.

la position de marche du chariot de roulement, soit d'une façon automatique. Dans ce dernier cas, le mécanicien du monte-charge n'a qu'à mettre le commutateur à la

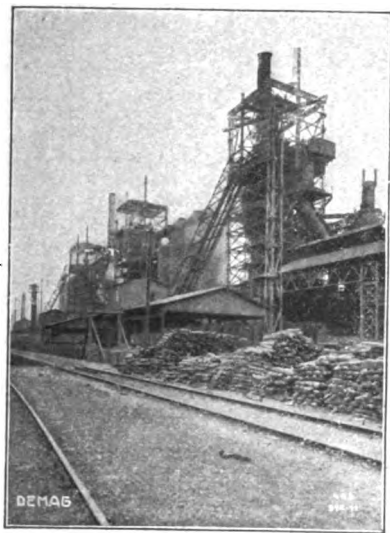


FIG. 385. — Monte-charge incliné.
(Construction Stuckenholz.)

« montée » ou à la « descente »; l'accélération graduelle de la vitesse des moteurs de levage jusqu'à la pleine vitesse de marche, et la diminution de la vitesse dans les courbes de la voie et à l'extrémité de la course, de même que l'arrêt de l'installation, se font d'une façon complètement automatique par l'indicateur de hauteur. S'il existe plusieurs endroits de chargement, le poste du mécanicien comporte en outre un appareil qui permet au conducteur de fixer à chaque instant l'endroit où doit s'arrêter le chariot de roulement, sans s'occuper de la position que celui-ci

occupe momentanément. Des dispositifs de sûreté, interrupteur de fin de course et autres appareils semblables, empêchent que les positions finales ne soient dépassées. Des block-systems, posés sur la voie des monte-charges comme sur celle des wagonnets d'amenée, arrêtent le chariot de roulement, si un wagonnet d'amenée vient à se trouver sur la voie des bennes pendant sa manœuvre d'approche. D'autre part, les voies des wagonnets d'amenée sont barrées tant que le chariot de roulement ne les a pas croisées.

La présence de sondes, mues par des treuils électriques particuliers et qu'on fait descendre dans le fourneau après chaque chargement pour les remonter ensuite, permet au mécanicien chargé de la conduite du monte-charge de se rendre compte à tout instant de la marche du fourneau. Les diverses positions des sondes à chaque levage peuvent facilement être inscrites sans interruption au moyen d'appareils enregistreurs automatiques.

Pour le transport de la fonte liquide du haut fourneau à l'aciérie, des chariots électriques sont remorqués par des locomotives à vapeur ou électriques ; ou bien ces chariots sont

munis d'un mécanisme de translation électrique commandé d'un poste de conducteur. Lorsqu'il s'agit de transporter le fer à de grandes distances, on munit de préférence les poches d'un couvercle pour éviter un trop grand refroidissement de la fonte liquide.

L'évacuation des laitiers se fait aussi à l'aide de chariots spéciaux à poches élevées ou basses, avec ou sans châssis fixe, pour voie normale ou étroite.

Là où les laitiers se coulent dans des moules, on dispose des grues spéciales à cet effet, et dans le hall de coulée, toute une série de grues effectuent le **chargement de la fonte en gueuses** sans le secours d'autre ouvrier que le mécanicien de la machine. Elles sont le plus souvent munies de robustes aimants de levage (fig. 393 à 395)

qui ramassent les gueuses pour les charger sur wagons ou les transporter au casse-fonte. Quelques-unes de ces grues sont pourvues de dispositifs spéciaux, marteaux et concasseurs, qui cassent d'abord les peignes de gueuses situés à l'endroit de coulée et la commande des mécanismes de con-

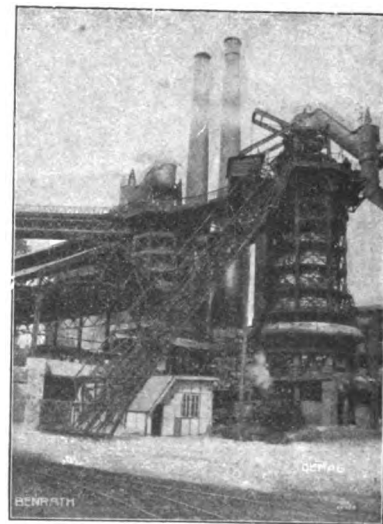


FIG. 387. — Monte-charge incliné.
(Système « Tumbler-D' Neumarch ».)

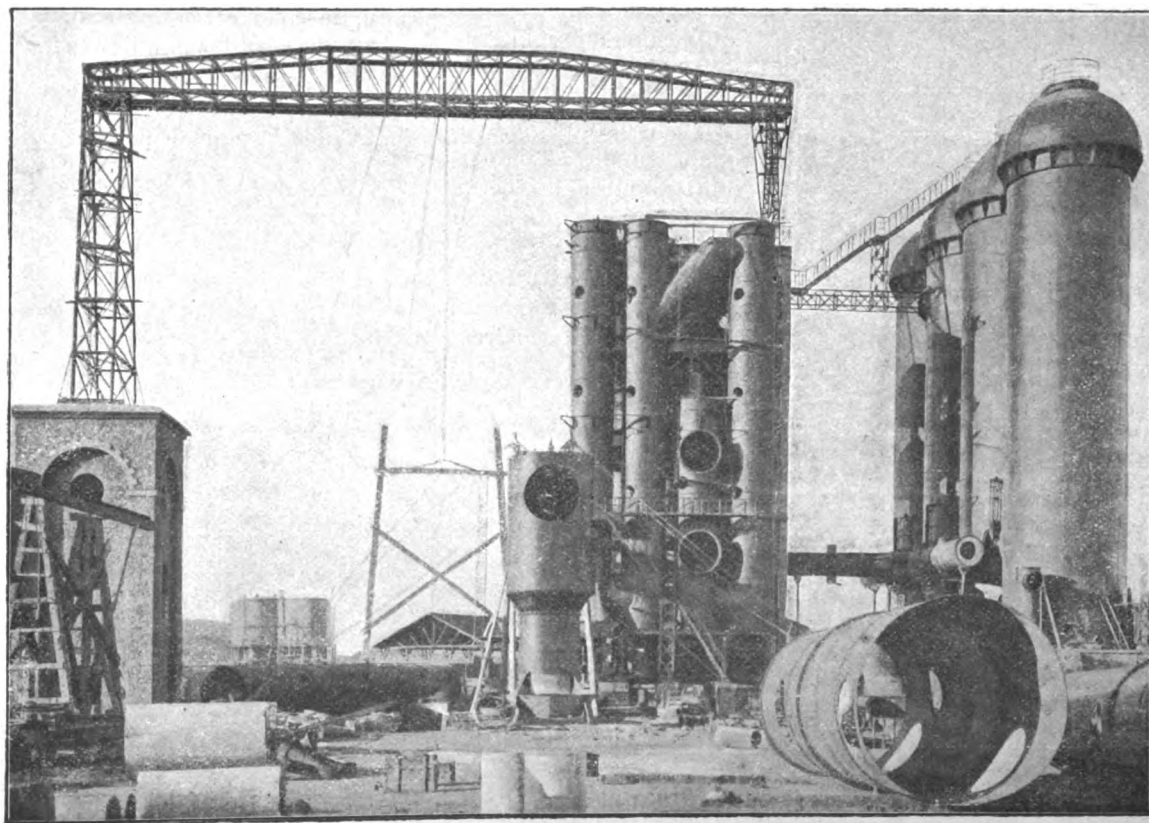


FIG. 386. — Grue fixe dite monte-charge pour hauts fourneaux. (Construction Biétrex, Leflaive et Cie.)

cassage est confiée au conducteur de la grue. Comme les aimants ne pourraient pas saisir ensuite une quantité de morceaux de gueuses ainsi concassés, pour pouvoir utiliser complètement la puissance de la grue, ils les chargent d'abord dans

des cuves qu'on vide ensuite sur les wagons. Ces cuves peuvent être fixées à la grue et les aimants avec lesquels on les

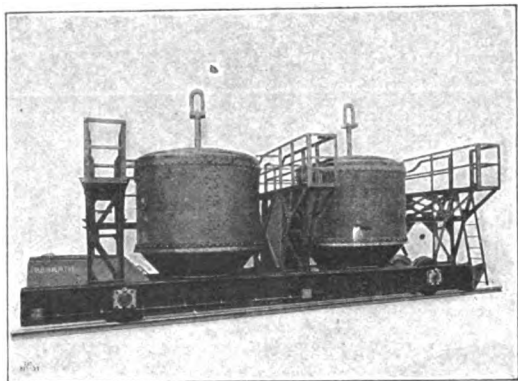


FIG. 388. — Chariot d'amenée pour bennes de chargement.

remplis sont disposés de façon à pouvoir osciller, ou bien sont accrochés à un petit chariot particulier roulant à l'intérieur du chariot principal.

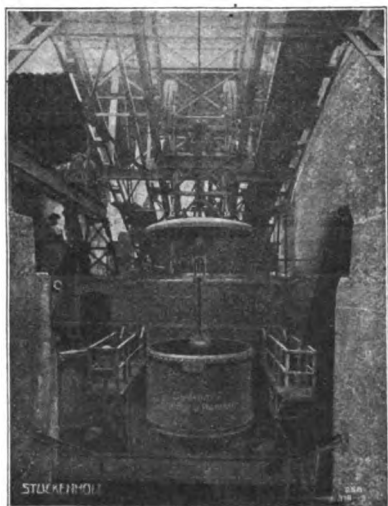


FIG. 389. — Prise d'une benne à minéral.

L'aimant se trouvant toujours ramené au-dessus de la cuve à la fin de chaque levée, en interrompant le courant, les gueuses tombent au fond du réceptient.

Pour le chargement de la fonte Spiegel, qui est coulée dans des coquilles, on munit la grue d'un aimant d'une longueur égale à celle de la gueuse elle-même, aimant composé d'un certain nombre de petits aimants qui épousent les inégalités des gueuses.

L'alimentation des hauts fourneaux par les voies suspendues électriques (fig. 403) combinées avec traction par câble s'effectue dans des conditions tout à fait avan-

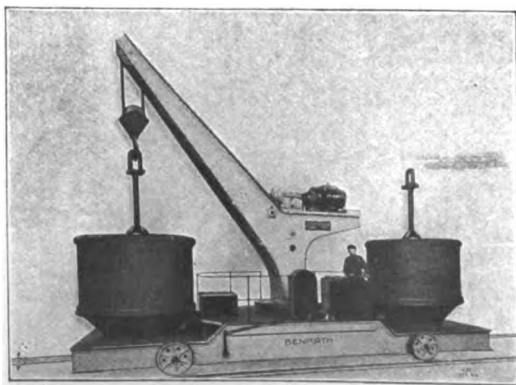


FIG. 390. — Chariot d'amenée pour bennes de chargement.

tagées. Les wagonnets actionnés par le moteur passent sous les trémies ou le long des fours à coke pour y être chargés; ils passent ensuite sur des voies de garage où ils sont rangés suivant leur charge. Au fur et à mesure des besoins,

ils avancent jusqu'au pied d'une rampe qui conduit à la plate-forme des gueulards; à cet endroit ils s'accouplent automatiquement à un câble tracteur et continuent leur route sous l'action du courant électrique.

A part les ouvriers préposés au chargement des wagonnets et à leur culbutage dans les gueulards, le service de l'installation ne nécessite que trois hommes pour la manœuvre des aiguilles: un au pied du pont incliné pour ranger les wagonnets sur les voies de garage et les en retirer suivant les besoins, un autre sur le plateau des hauts fourneaux pour diriger les wagonnets sous les gueulards et le troisième aux trémies pour faire passer les wagonnets sur la voie desservie.

Pour le service des fonderies, les wagons de chemin de fer amenant le calcaire, le coke et la fonte sont déchargés dans un dépôt. Les matières sont ensuite chargées dans les wagonnets de la voie suspen-



FIG. 391. — Benne de chargement avant l'introduction dans le gueulard.



FIG. 392. — Prise d'une benne à coke.



FIG. 393. — Aimant pour la manutention des gueuses. (Système Stuckert-Holz)

due électrique disposée à peu de distance du sol. Un monte-charge élève ensuite les wagonnets à la hauteur du plateau des gueulards ; les wagonnets se mettent ensuite en route vers les cubilots et déversent leur contenu dans une grande trémie au-dessus de laquelle ils passent avec une vitesse réduite.

De la trémie, la matière s'écoule directement dans les fours : il y a également des voies spéciales prévues pour le déversement du coke et pour la mise en tas du sable de moulage. Chaque wagonnet est muni d'un dispositif de pesage déterminant automatiquement le poids du contenu.

Les hauts fourneaux de Fumel appartenant à la Société métallurgique du Périgord consomment environ 500 tonnes de minerais, coke et castine par jour.

Leur installation que nous allons décrire (fig. 412 à 415) a eu comme objectif de réunir en un même point des approvisionnements en quantité suffisante pour assurer l'alimentation régulière des appareils et de les transporter aux gueulards avec le minimum de frais. On ne met dans les accumulateurs qu'une capacité pouvant constituer une avance de

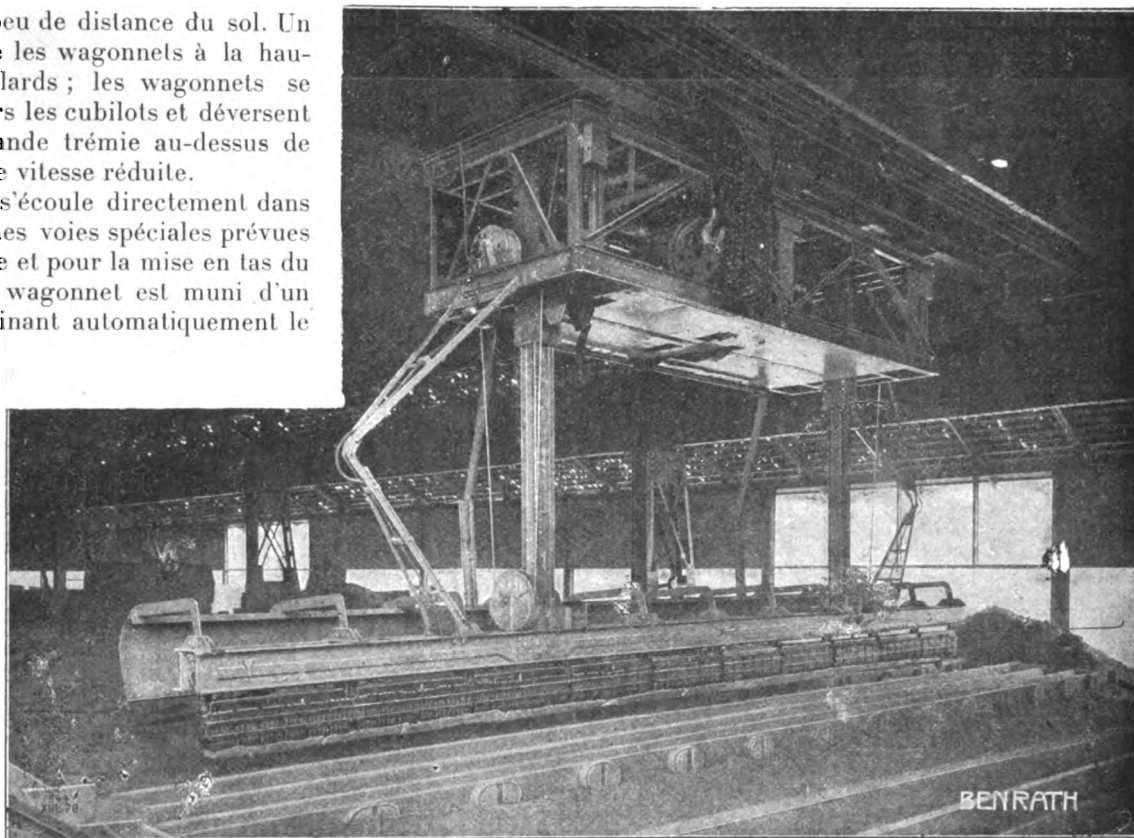


FIG. 394. — Pont roulant à aimant de levage pour le chargement de gueuses de fonte. (Construction Stuckenholtz.)

Chaque accumulateur se compose : d'une estacade sur

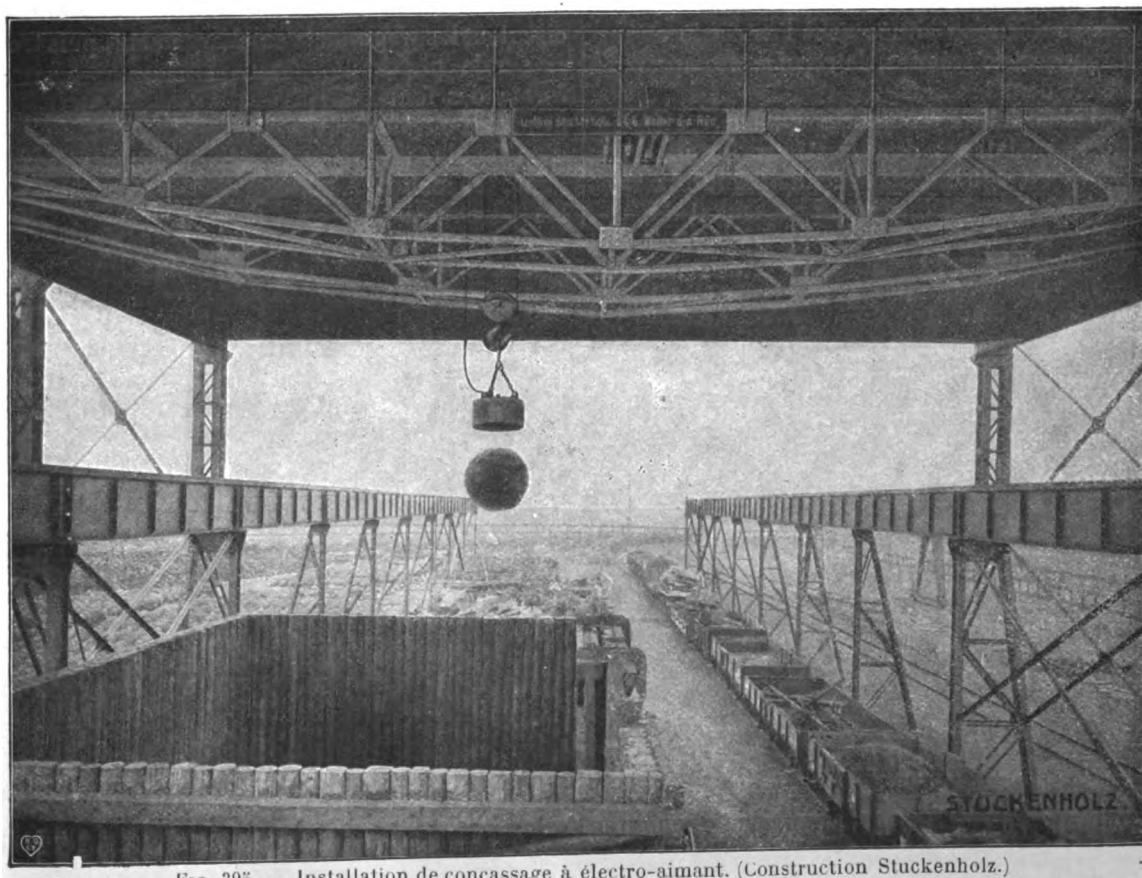


FIG. 395. — Installation de concassage à électro-aimant. (Construction Stuckenholtz.)

quinze jours en coke et en minerais et de huit jours en castine. | laquelle arrivent les wagons à décharger, de deux silos laté-

raux à fond incliné, dans lesquels sont déposées les matières, | touillets de l'usine sont déversés dans les deux accumulateurs

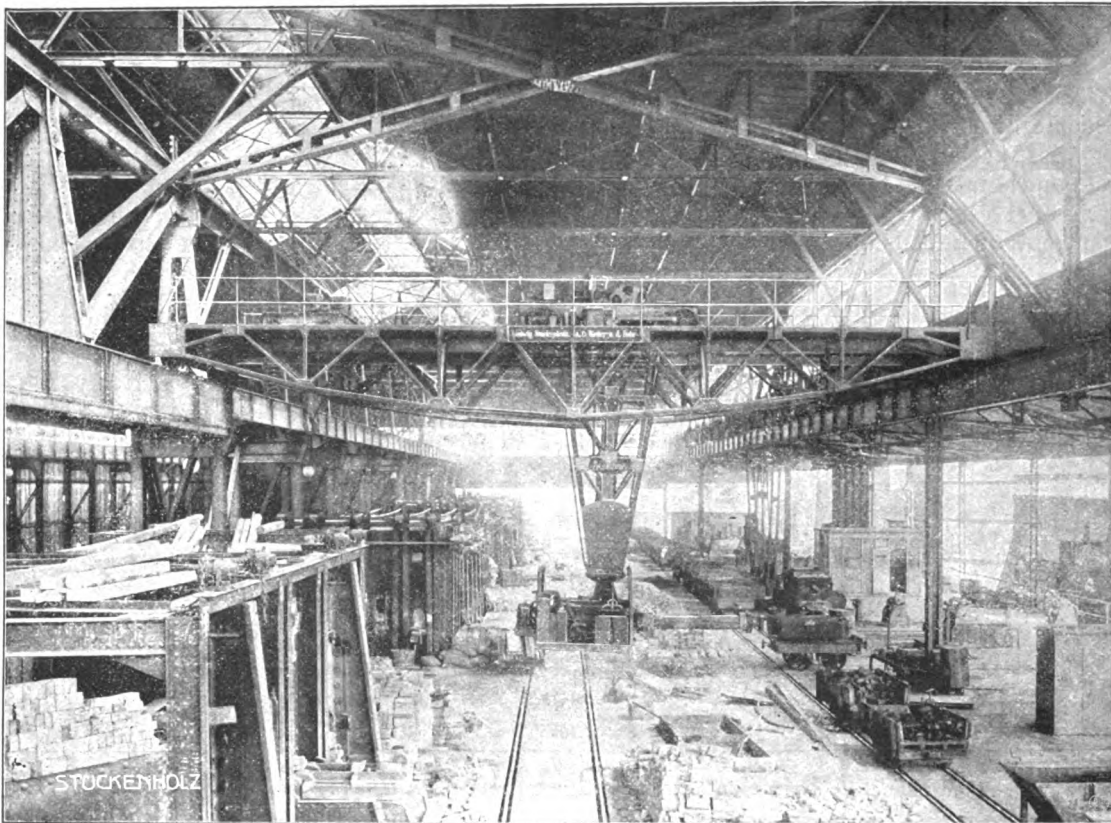


Fig. 396. — Pont roulant chargeur à auges. (Construction Stuckenholz.)

enfin d'une galerie souterraine située sous l'estacade et par laquelle se fait, au moyen de trémies, la reprise des approvisionnements contenus dans les silos.

L'ensemble de l'installation comporte quatre estacades séparant les puits accumulateurs, dont quatre au milieu sont affectés au coke, et les autres à la castine et au minerai. La castine arrivant par voie de terre et le minerai provenant des pa-

circulent les wagonnets en chargement, puis transporter ceux-ci sur la plate-

forme des fourneaux au moyen d'un câble incliné, et enfin, les faire circu-



Fig. 397. — Remplissage de mélangeurs en forme de cornues au moyen de ponts roulants à couler.

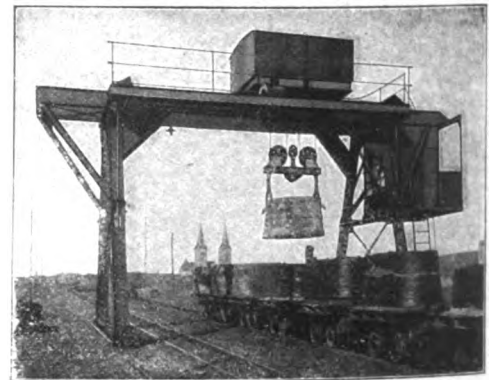


Fig. 398. — Grue à chevalet pour enlever les moules à laitiers.

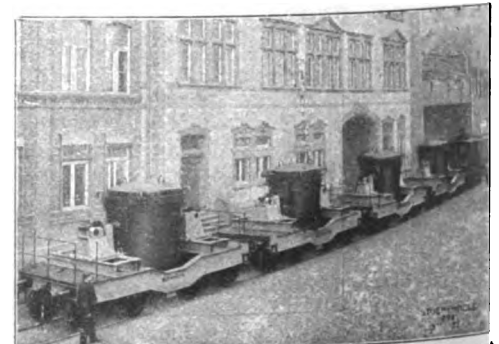


Fig. 399. — Chariots à fonte liquide pour le transport à grande distance.

ler de nouveau sur une voie horizontale disposée de manière à desservir chacun des hauts fourneaux.

A l'entrée des accumulateurs se trouve une station de chargement où arrivent les bennes vides et de laquelle repartent les bennes chargées, une fois qu'elles ont été remplies dans les galeries des accumulateurs. Les bennes vides passent par un couloir le long duquel elles rencontrent des aiguilles servant à les diriger, suivant les besoins du chargement, sur l'une ou l'autre galerie. A l'autre extrémité des accumulateurs est un second couloir où les aiguilles s'ouvrent automatiquement au passage des bennes ; celles-ci rentrent enfin à la station par une cinquième galerie, dite de retour, parallèle à celle des accumulateurs.

La circulation dans les galeries souterraines est autonome ; les bennes sont suspendues à un chariot porteur électrique qui roule sur une voie aérienne et prend le courant au moyen d'un archet, sur une ligne électrique disposée au-dessus du rail. L'archet peut être abaissé à la volonté des chargeurs, qui interrompent ainsi le circuit et le mouvement de la benne.

Les aiguilles d'entrée des galeries sont actionnées par un électro-aimant et commandées dans la station de chargement. Le surveillant chargé de ce travail commande aussi des signaux lumineux placés aux extrémités des galeries et indiquant aux chargeurs qu'ils ont à expédier des wagonnets de leur section.

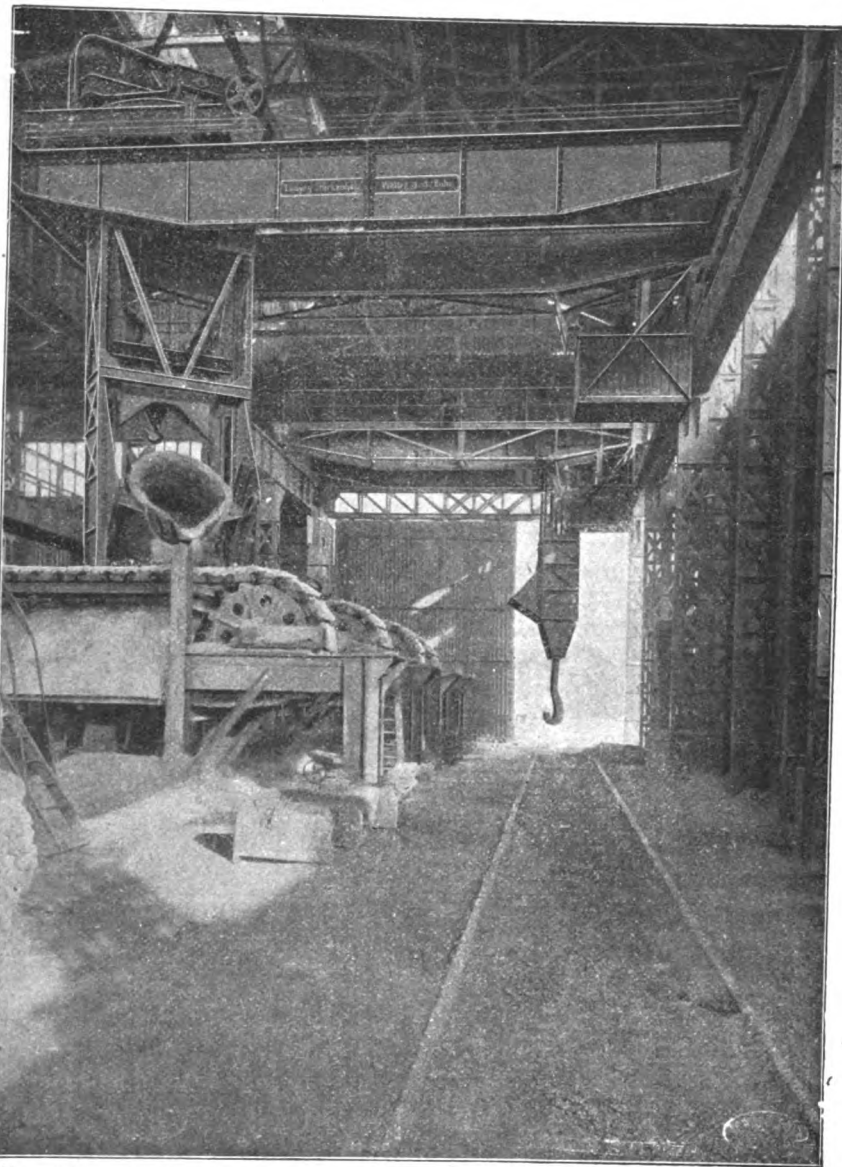


FIG. 400. — Pont roulant à couler avec mécanisme de renversement automatique.

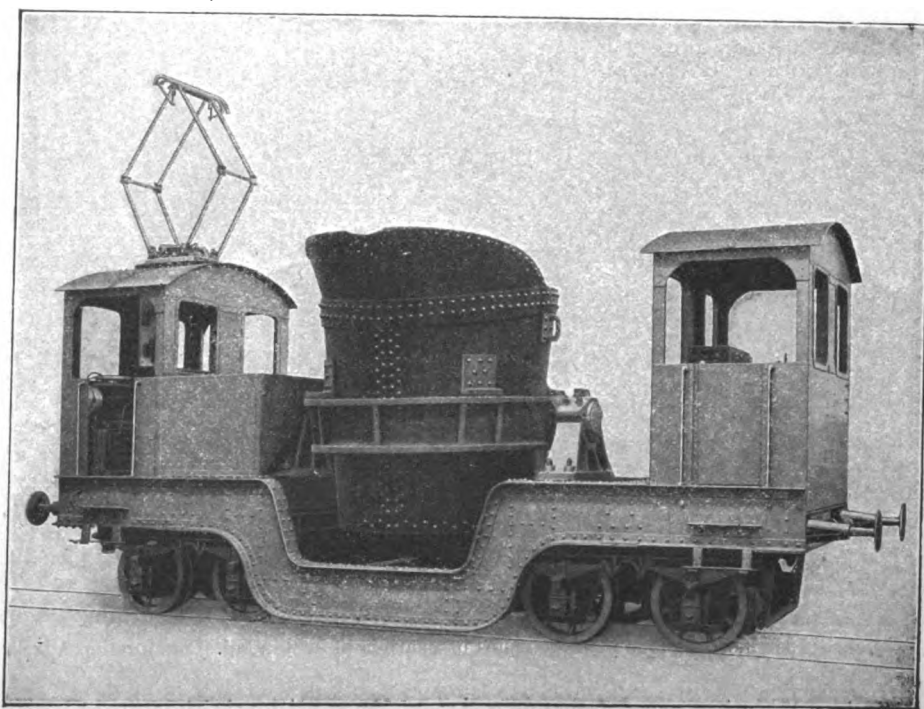


FIG. 401. — Chariot pour le transport de la fonte liquide. (Construction Stuckenholtz.)

La vitesse des wagonnets est de 1^m,50 environ par seconde et les moteurs des chariots ont une puissance de 0,75 cheval.

Pour racheter la différence de niveau entre la station de chargement et les hauts fourneaux (21 à 22 mètres), on emploie des câbles porteurs sur lesquels roulent les wagonnets et un câble tracteur sans fin qui produit l'entraînement. Les bennes motrices, en arrivant à la station de chargement, rencontrent un dispositif faisant basculer un levier muni d'un contrepoids et qui commande la pièce mobile d'une mâchoire destinée à serrer le câble tracteur ; celui-ci, mû par un système de poulies à gorges, provoque l'entraînement de la benne dont le chariot roule sur le câble porteur jusqu'à la station du fourneau, dite de déchargement. Là, le levier d'enclenchement rencontre un appareil basculeur, qui le remet dans sa première position en faisant abandonner à la mâchoire le câble tracteur.

Les bennes descendant à vide sont enclenchées et déclenchées au moyen d'un même dispositif.

La commande de la poulie à gorge d'entraînement du câble tracteur est faite au moyen d'une paire d'engrenages actionnée par un moteur électrique avec réducteur de vitesse à vis sans fin et poulie de frein.

Pour assurer la tension régulière du câble tracteur, on le fait passer sur une troisième poulie à gorges dont l'axe peut se déplacer entre deux glissières-guides. Un contrepoids agit sur

cette poulie au moyen d'un câble et d'une chape fixée sur | tours sur la poulie motrice. La tension des câbles porteurs est donnée par deux contre-
poids et l'autre extrémité du câble est attachée par un ancrage au fond de la station de chargement.

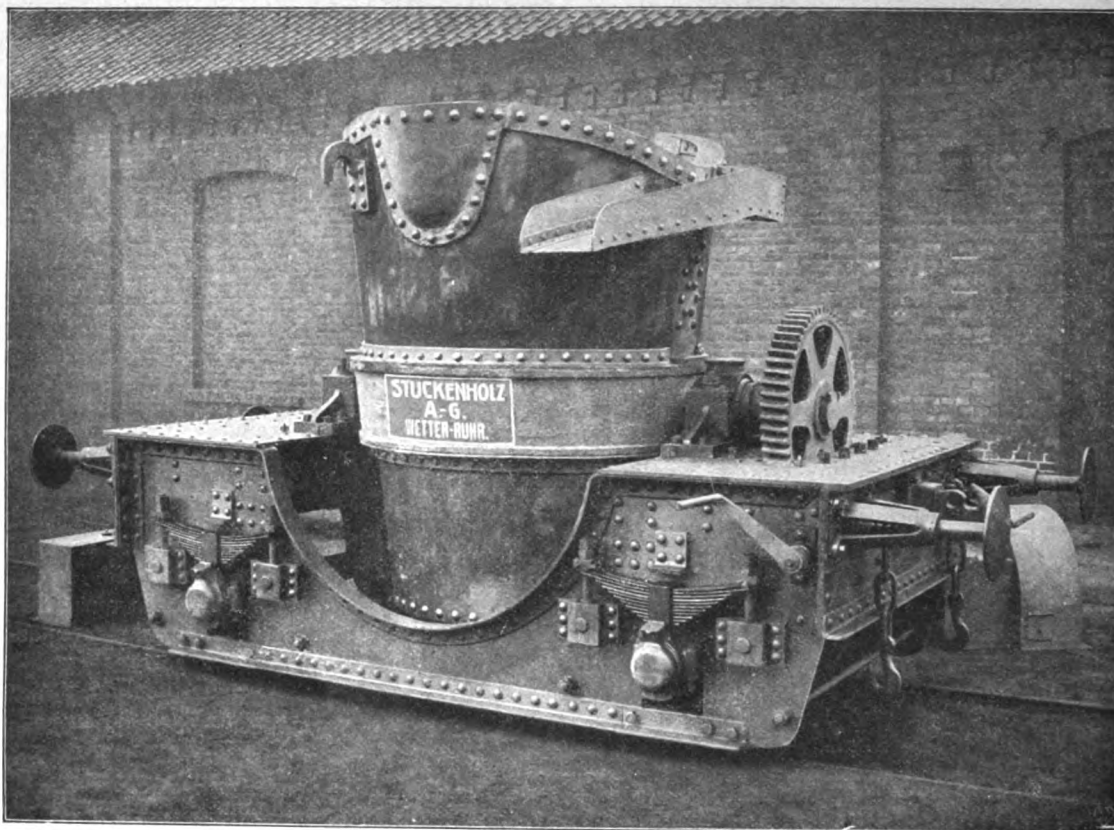


FIG. 402. — Chariot pour le transport de fonte liquide. (Construction Stuckenholtz.)

Aussitôt que les bennes ont abandonné le câble tracteur, elles redeviennent autonomes et roulent à nouveau sur une voie suspendue comme dans les galeries des accumulateurs. Le rail revient à la station de chargement où se trouve l'appareil d'enclenchement des bennes vides. On peut à volonté provoquer le basculement des bennes au sommet du cône de l'un ou de l'autre haut fourneau. Les bennes, suspendues un peu en dessous de leur centre de gravité, se renversent dès que le levier à fourche qui les maintient dans la position verticale rencontre un taquet fixé au chevalet qui précède le gueulard. Elles continuent leur course renversée jusqu'à la sta-

son axe. Entre la poulie tendeuse et la poulie motrice est logée | tion de déchargement, où l'ouvrier enclencheur les remet

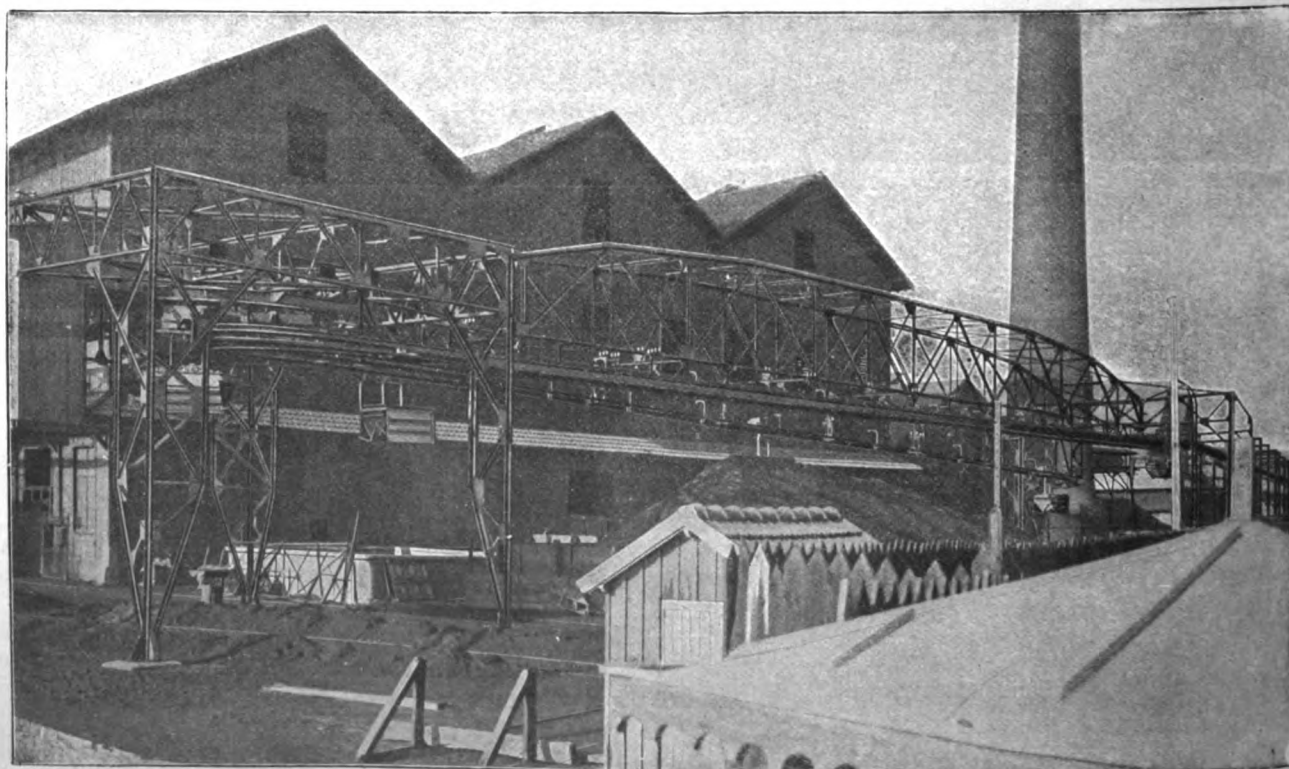


FIG. 403. — Voie suspendue électrique pour transport de charbon et de minerai. (Construction Ad. Bleichert.)

la poulie de retour, permettant au câble tracteur de faire deux | dans leur position initiale avant leur passage sur le câble por-

teur descendant. La manœuvre complète exige sept hommes | Avec ce personnel réduit, on arrive en moyenne à faire trente-six charges de 9.150 kilogrammes par fourneau en vingt-quatre heures, soit à

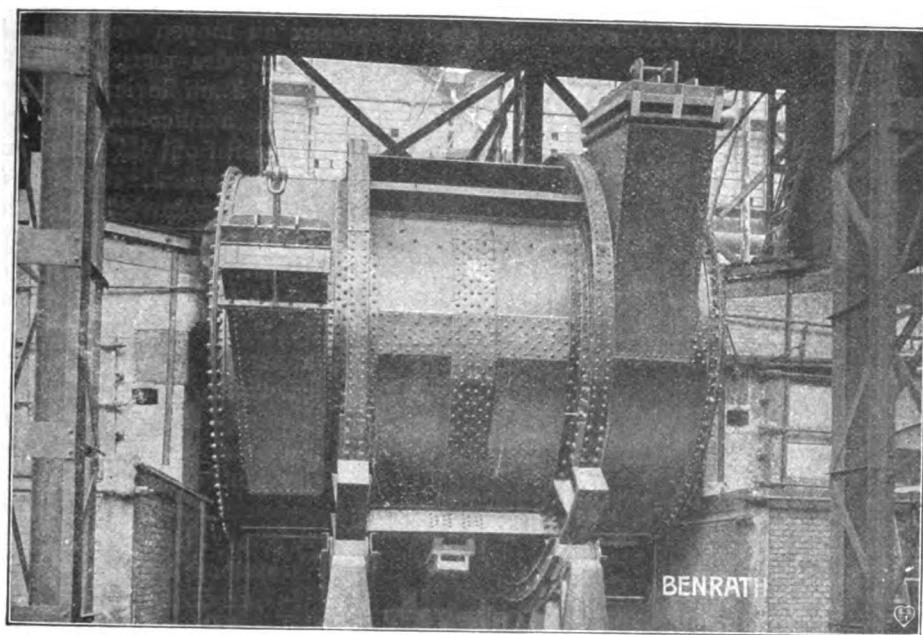


FIG. 404. — Mélangeur à rouleaux à chauffage par le gaz de hauts fourneaux.
(Construction Benrath.)

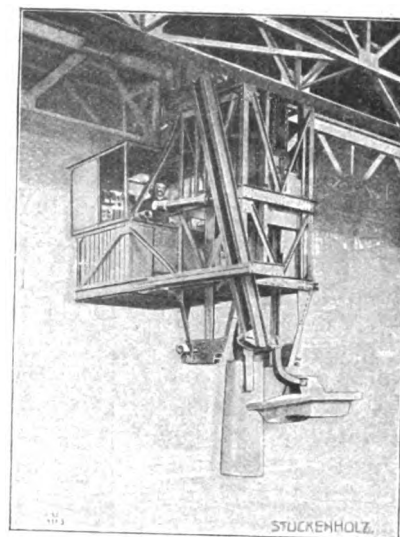


FIG. 405. — Pont pour four puits muni d'un dispositif automatique pour la manœuvre des couvercles.

par poste : trois chargeurs, un aiguilleur surveillant du poste,

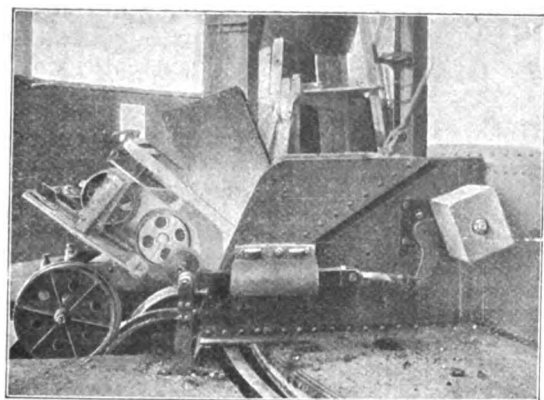


FIG. 406. — Fermeture de gueulard. (Système Tummier-D'Neumarek.)

un enclencheur et deux déchargeurs aux fourneaux, ou, pour

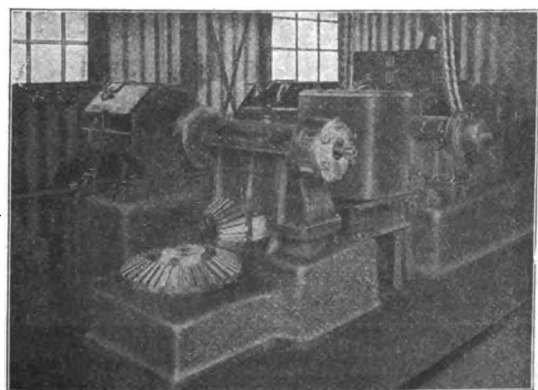


FIG. 407. — Mécanisme de rotation d'entonnoir et treuils pour la manœuvre de la cloche.

transporter aux gueulards 650 tonnes de matières premières. En outre de la grande économie réalisée sur le personnel par

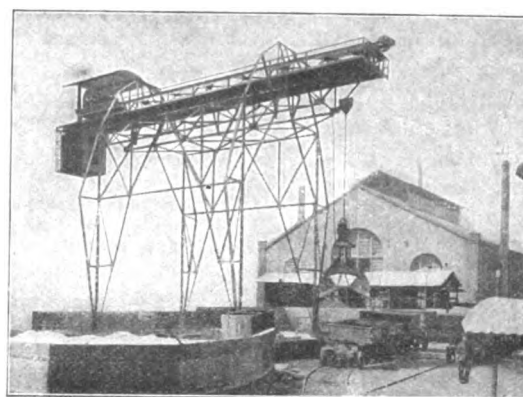


FIG. 408. — Installation de dragage pour laitiers grenus.

suite de cette installation, la production des hauts fourneaux a été augmentée de 15 à 20 0/0, à cause de la rapidité du chargement.

MANUTENTION MÉCANIQUE DANS LES USINES A GAZ

L'installation de l'usine à gaz à Nancy est une des plus complètes pour la manutention du coke.

Elle comprend, pour chacune des deux batteries de six fours à neuf cornues de 6 mètres : un entraîneur extenseur de Brouwer⁽¹⁾ placé vers l'intérieur du bâtiment, une machine

(1) Cet entraîneur est constitué par un chenal en tôle sur le fond duquel traîne une chaîne dont les barreaux entraînent le coke qui glisse sur le fond fixe. Ce chenal est placé le long des fours, encastré dans le plancher et il se relève à l'extrémité de la halle. A l'endroit où le chenal se relève, l'eau entraînée par la chaîne et le coke s'accumule, et, pendant un court espace de temps, le coke est immergé. C'est là que l'extinction se fait en majeure partie.

trois postes faisant chacun huit heures, vingt et un hommes en tout.

sur chariot avec, à la partie supérieure, un réservoir de 9 mètres cubes permettant de charger neuf cornues et un réservoir de 60 mètres cubes contenant la quantité de houille nécessaire pour dix-huit heures de distillation.

Ces deux réservoirs sont alimentés par une noria unique de 30 tonnes à l'heure. Les défourneuses sont du côté opposé à la machine à charger.

Les deux entraîneurs, parallèles et distants d'axe en axe de 10^m,30, sortent du hall des fours et s'élèvent suivant une pente de 21° environ, amenant le coke éteint dans deux caisses tout venant où le coke vient se ressuyer avant de passer au criblage. Le coke des caisses tout venant est renvoyé à un broyeur, puis repris par une chaîne à godets qui le monte au trommel placé à la partie supérieure de la caisse. A la partie inférieure, sont ménagées des prises, soit pour la mise en sacs, soit pour le chargement en tombereaux ou en wagons. Les quais de chargement ont été ménagés sur deux côtés, de façon à permettre le chargement facile des voitures. Tous ces appareils sont actionnés par l'électricité.

A l'aide de commutateurs, on peut mettre en mouvement les entraîneurs qui emmènent le coke au dehors de la salle et le déversent dans les caisses à coke tout venant ; si bien que le matin, quand les hommes de cour arrivent, les

Lorsqu'il s'agit de décharger des matières toujours régulières, faciles à draguer comme des charbons fins, on peut puiser directement dans les bateaux au moyen de chaînes à

godets dragueuses suspendues à un levier mobile. Deux applications de ce dispositif ont été faites par la maison J. Richard à l'usine à coke de la Société lorraine de carbonisation, à Aubry-lès-Douai et à l'usine à gaz de Nancy. Dans la première installation les appareils peuvent rouler sur trois pieds commandés électriquement sur une longueur de 100 mètres, permettant de décharger les bateaux sans les déplacer. A Nancy, les transporteurs du système Hunt sont montés sur deux poutres mobiles de 50 mètres environ chacune, s'orientant autour d'un pivot commun et se déplaçant l'une, sur le quai, pour permettre de puiser en tous les points du bateau, l'autre sur les magasins à charbon, pour en couvrir toute la surface.

L'installation du transport de charbon de l'usine à gaz de Bromberg (fig. 421) est réalisée à l'aide d'une voie électrique suspendue. L'usine étant séparée du fleuve par le chemin de halage, une charpente métallique avance jusqu'au-

dessus de la péniche une volée relevable, tout à fait assimilable à la flèche d'une grue ordinaire. Mais, tandis que celle-ci est rendue mobile pour éviter de trop fréquents déplace-

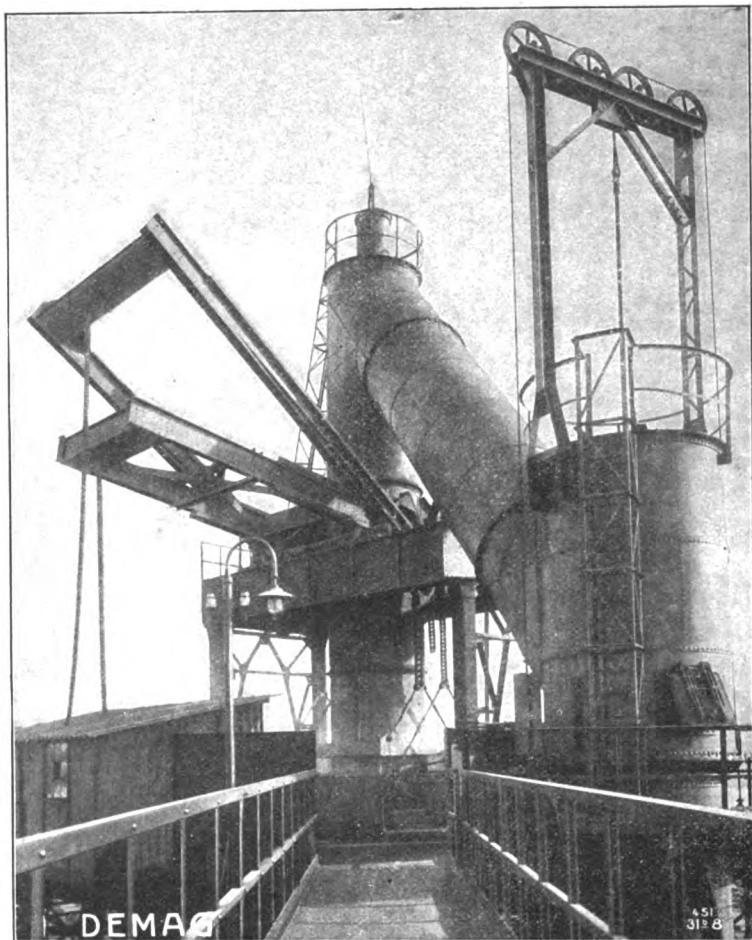


FIG. 409. — Plate-forme de guerdon avec double fermeture de guerdon et entonnoir rotatif. (Construction Stuckenholtz.)

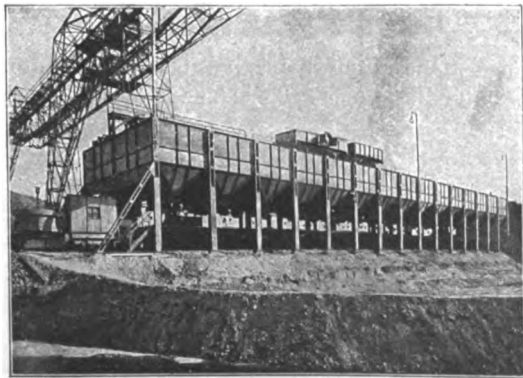


FIG. 410. — Accumulateurs à minerais. Construction Stuckenholtz.

réservoirs à coke tout venant sont pleins, tandis que ceux à charbon sont vides. Pendant leur journée, les hommes remplissent les réservoirs et mettent en sacs ou transportent le coke que les trommels criblent et classent. De cette façon le travail de nuit dans la cour a été complètement supprimé.

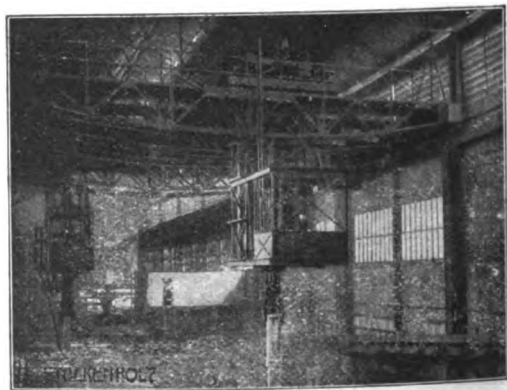


FIG. 411. — Pont de mouleur et pont pour puits.

ments du bateau, on obtient le même résultat dans le cas présent en donnant à la charpente en porte-à-faux une suffisante largeur, pour que la voie aérienne suspendue qu'elle porte circule au-dessus du bateau sur une longueur de 15 mètres. Les caisses des wagonnets peuvent, sur ce parcours, être

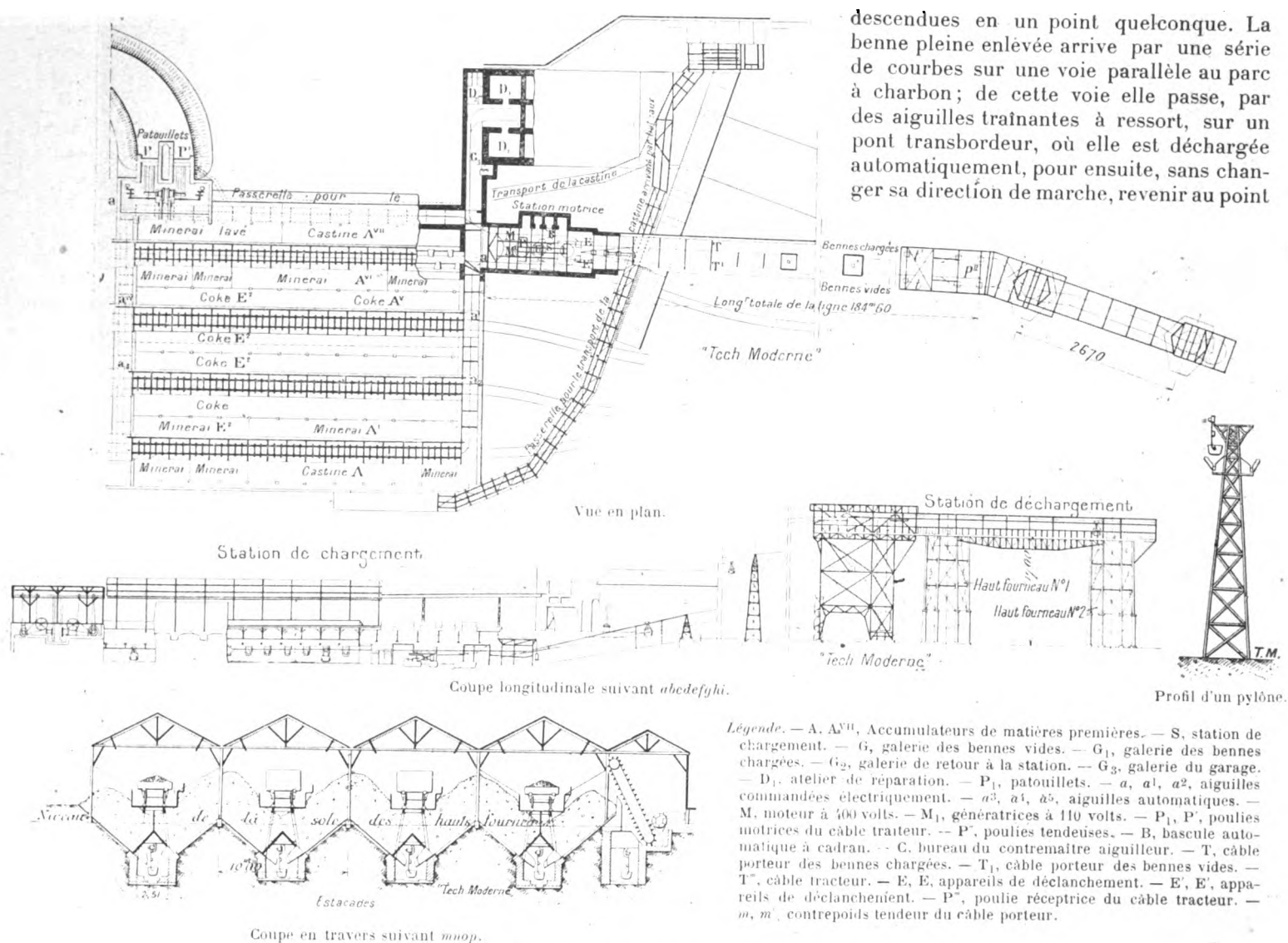


FIG. 412 à 415. — Hauts fourneaux de Fumel.

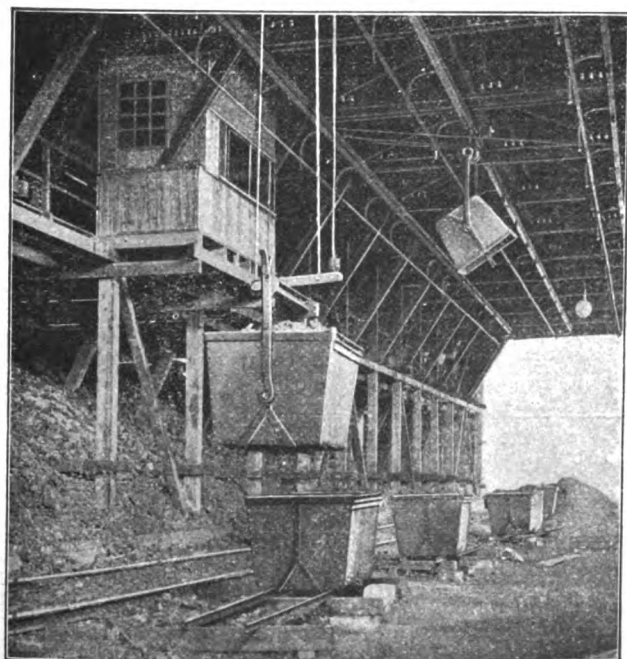


FIG. 416. — Voie suspendue électrique pour le déversement, dans un hangar, du coke arrivant par chemin de fer. (Construction Ad. Bleichert.)

de chargement. Pour reprendre au stock, les wagons sont arrêtés sur le pont au point voulu, les caisses descendues, rem-

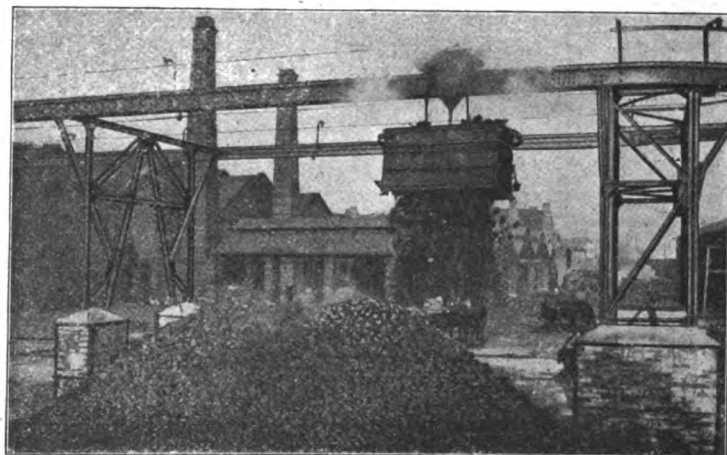


FIG. 417. — Voie suspendue électrique pour la manutention du coke dans l'usine à gaz de Naples. (Construction Ad. Bleichert.)

plies et amenées au broyeur. On peut mettre hors circuit la voie de déchargement des bateaux, de sorte que les wagons, dans ce dernier transport, restent sur la voie fermée du parc

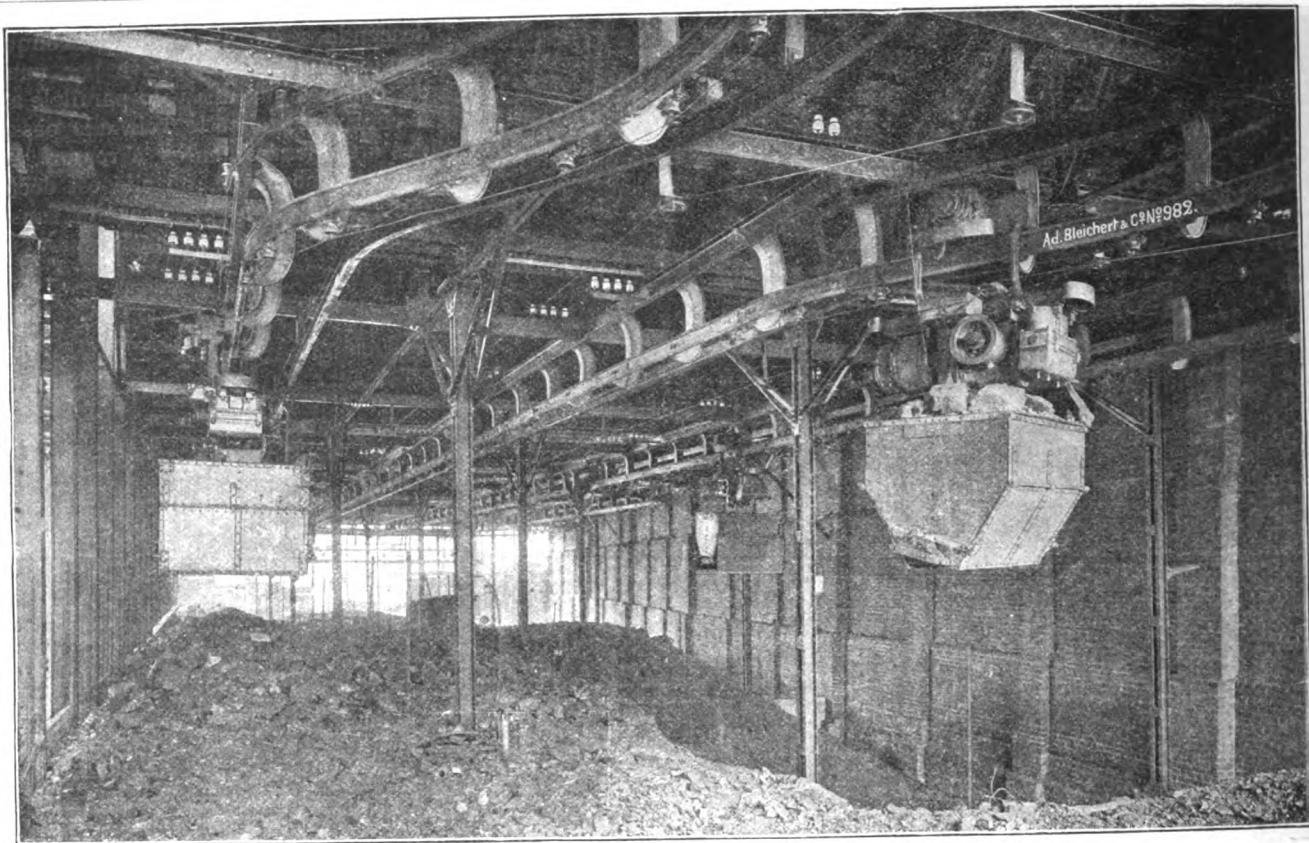


FIG. 418. — Voie suspendue électrique desservant le hangar à charbon d'une usine à gaz. (Construction Ad. Bleichert.)

à charbon et effectuent ainsi un moindre parcours. Il va de

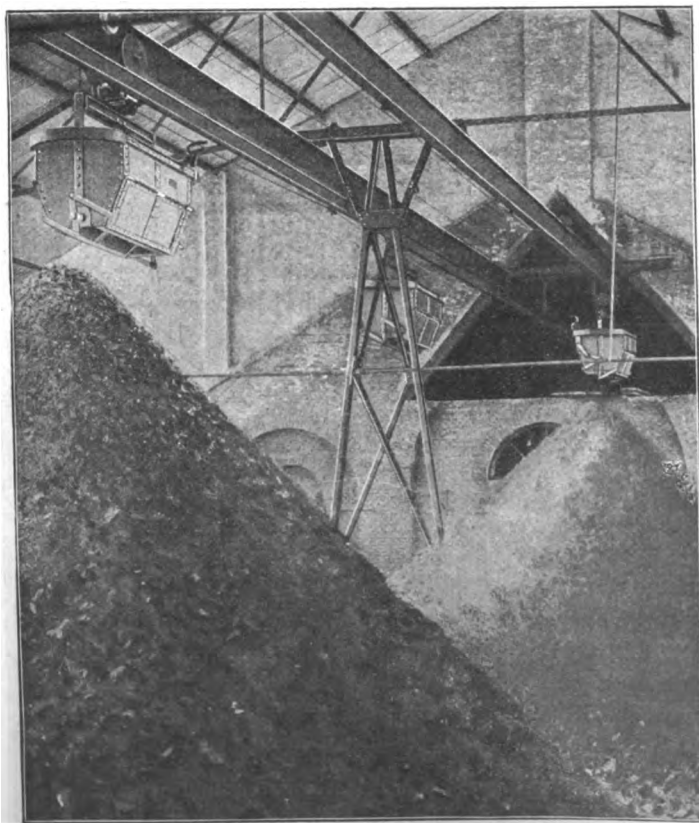


FIG. 419. — Voie suspendue électrique dans le hangar à charbon de l'usine à gaz de la ville de Schiedam, Hollande. (Construction Ad. Bleichert.)

soi qu'on peut parfaitement transporter directement la charge

de la péniche au parc et de là aux fours. En outre, on a prévu la possibilité de décharger des wagons de chemins de fer placés verticalement sous la voie parallèle au parc à charbon et de desservir de grands hangars. Dans cette installation, les quatre wagons suspendus qu'elle comporte donnent un débit de 20 tonnes à l'heure. Les vitesses sont : descente, 0^m,25 à la seconde ; levage, 0^m,16, et translation, 1 mètre.

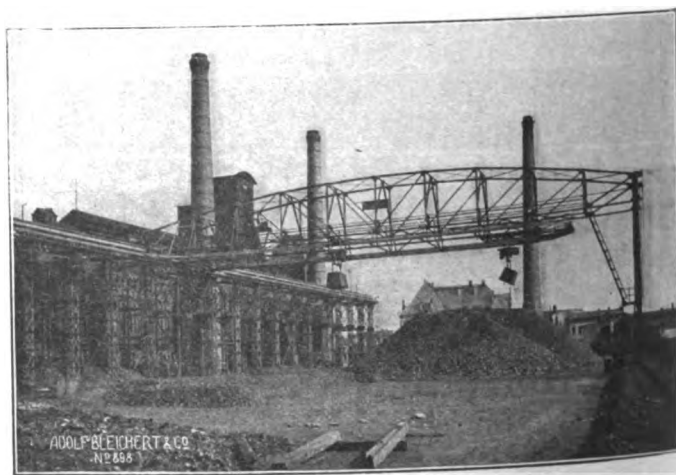


FIG. 420. — Voie suspendue électrique de l'usine à gaz de Bromberg. (Construction Ad. Bleichert.)

A l'usine à gaz de Stuttgart, le charbon y est déchargé des wagons de chemins de fer par un culbuteur, et transporté à la préparation par un monte-charge incliné. Il tombe de la trémie, placée sous les broyeurs, dans des bennes, qui sont prises par deux chariots à conducteurs. Ceux-ci pénètrent par une ouverture pratiquée dans la façade des halliers et passent de la voie en long sur le pont transbordeur qui, à cause de la

ligne des piliers placés au milieu de la construction, a été divisé en deux. Les deux moitiés peuvent être réunies par une pièce de raccord, qui permet le passage du chariot d'un côté à l'autre.

Du pont on vide la benne ou bien l'on reprend à l'aide d'une benne preneuse le charbon en stock pour le transporter ensuite à l'atelier de préparation. Cette disposition offre l'avantage que de simples bennes fermées suffisent pour la mise en stock du charbon et qu'on évite l'emploi très coûteux de galeries souterraines usitées généralement dans les stocks couverts.

La vitesse de translation est d'environ 2^m,50 par seconde, parce que le chariot reste constamment sous le contrôle du conducteur, qui peut diminuer cette vitesse dans les courbes. On peut de la sorte obtenir avec chaque chariot un transport de 40 tonnes à l'heure.

L'installation que représente la figure 421 comporte une

Cette estacade passe, en pente de 1/33, par-dessus les bâtiments de l'usine et continue ensuite en palier au-dessus des trémies; mais, ces dernières étant parallèles à la rivière, elle

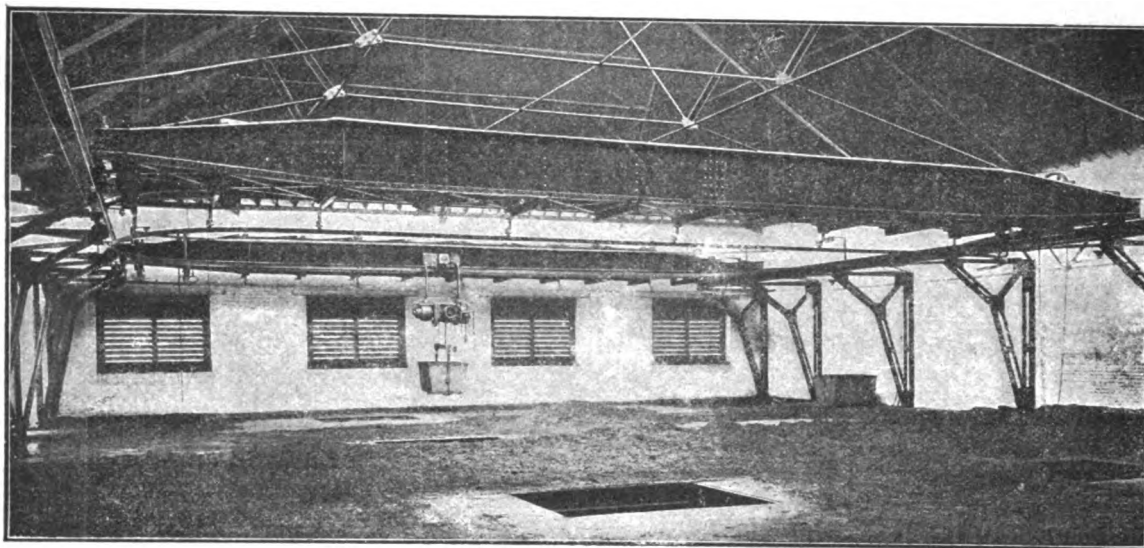


FIG. 421. — Voie suspendue électrique avec pont mobile pour le transport de matière épurante dans l'usine à gaz de Saint-Josset-en-Nood, près Bruxelles. (Construction Ad. Bleichert.)

est formée de deux portions rectilignes à angle droit raccordées par une courbe.

Le rail est simple au-dessus du bassin et tout le long de la

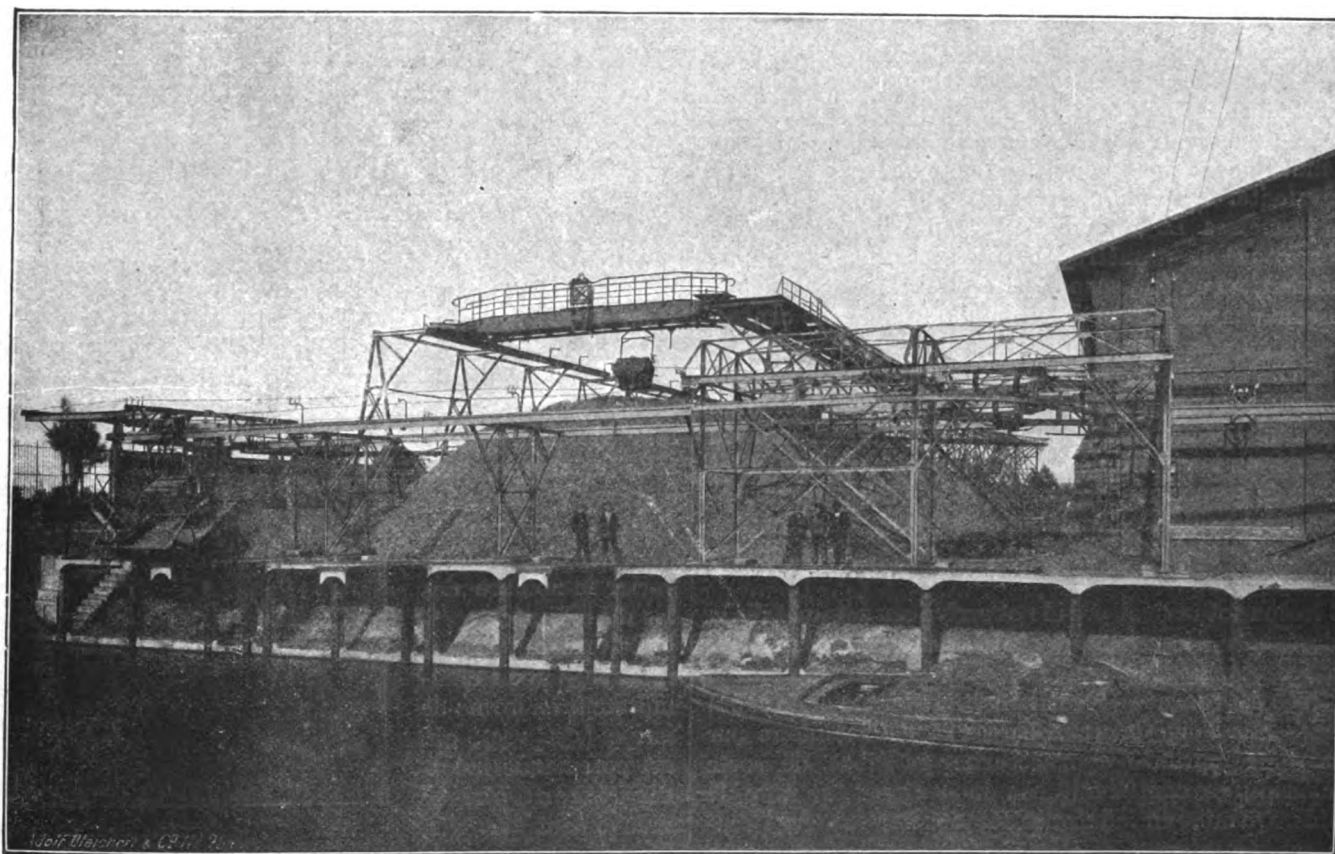


FIG. 422. — Transport du charbon et du coke dans l'usine à gaz de Hambourg-Barmbeck. (Construction Ad. Bleichert.)

estacade métallique, solidement contreventée, en tous sens, à l'extrémité inférieure de laquelle est aménagé un bassin pour les bateaux de charbon, et qui sert de support au rail de roulement du chariot automoteur électrique décrit plus avant.

partie en pente de l'estacade; il est triple au-dessus de la triple rangée des trémies. Les aiguilles qui servent à diriger le chariot sur l'une ou l'autre des voies des trémies, et qui sont manœuvrées de la plate-forme de service de celles-ci, sont disposées à la naissance de la courbe de raccordement,

du côté de la rivière. Ce rail est porté par une poutrelle pleine en I, suspendue à la charpente en fer de l'estacade par des consoles ordinaires en profilés, sur les lignes droites, et par des consoles pendantes en acier coulé, aux courbes et aux aiguilles; il pèse 25 kilogrammes au mètre courant.

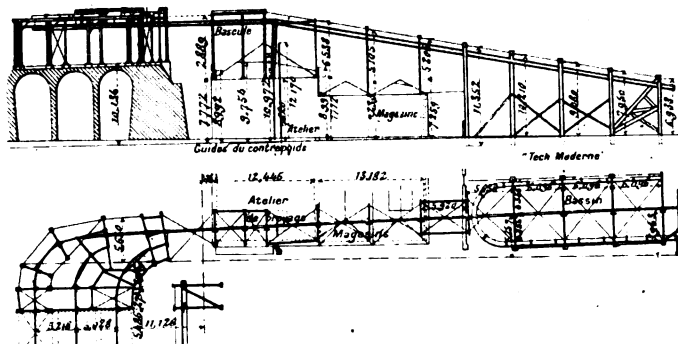


Fig. 423. — Transporteur électrique à charbon, à chariot automoteur.

La hauteur de l'extrémité inférieure des rails au-dessus du niveau moyen de l'eau est de 6^m,82, la hauteur minima de ce même rail au-dessus des trémies est de 16^m,80.

La capacité du transporteur est notablement supérieure à 25 tonnes de charbon à l'heure.

Pour régulariser la dépense d'énergie de ce transporteur, dont le chariot circule tantôt sur une voie en palier, tantôt sur une rampe qu'il remonte chargé, tantôt sur une pente qu'il redescend à vide, on a disposé en haut de cette rampe un contrepoids guide, mobile verticalement. Ce contrepoids est assez lourd pour équilibrer en totalité la composante du poids du chariot tendant à l'entraîner sur la pente et équilibrer à moitié celle du poids du charbon, de telle sorte que la résistance au mouvement sur la pente dans les deux sens est à peu près équivalente. L'amplitude verticale du contrepoids est d'environ 12 mètres. La longueur de la pente sur laquelle circule le chariot est de 48 mètres (le trajet total du chariot est de 190 mètres); on a donc suspendu ce contrepoids par deux câbles passant chacun sur un palan-moufle. Comme le contrepoids doit uniquement intervenir lorsque le chariot se trouve sur la partie de la voie en pente et que celui-ci doit pouvoir circuler librement sur la voie en palier, ce chariot est muni d'un dispositif spécial, lui permettant d'entraîner, lors du retour à vide vers la rivière, le crochet auquel aboutissent les deux câbles de suspension du contrepoids, et qui est immobilisé dans une position convenable au sommet de la pente; ce crochet est abandonné quand le chariot repasse dans l'autre sens au même point.

Quand le chariot revient à vide et arrive au sommet de la pente à descendre, le crochet ou câble susdit vient se prendre dans une fente ménagée dans un sabot d'acier coulé. L'entrée de cette fente est tournée vers l'arrière du chariot et le sabot peut coulisser le long de deux barres et est maintenu par deux ressorts comprimés et s'accroche au sabot, de sorte que le chariot, en continuant son mouvement, soulève le contrepoids. Quand, au contraire, ce dernier rechargé rencontre la rampe, le contrepoids redescend et le crochet se décroche de lui-même, quand il arrive au sommet de cette rampe.

Un raté d'accrochage du chariot du contrepoids pouvant avoir des conséquences graves, on a disposé à l'arrière du chariot un parachute spécial mordant la poutre de support du rail, et empêchant automatiquement tout mouvement de ce chariot sur la pente, tant que le crochet en question n'est pas

entré dans la fente du sabot, ou encore en cas de rupture de ce crochet ou du câble.

Chargement et déchargement des cornues. — Le matériel de chargement et de déchargement mécanique des cornues que construisent les établissements Sautter-Harlé et C^{ie} comprend : l'enfourneuse, la défourneuse ou une machine double, enfourneuse-défourneuse formée par la réunion des deux machines précédentes.

La machine à enfourner (fig. 425) se compose essentiellement d'un lanceur à palettes, tournant sur son axe. Le charbon arrive verticalement par l'ouverture centrale, pénètre à l'intérieur du lanceur, où, par la force centrifuge, il acquiert une certaine puissance vive. Ce lanceur tourne à l'intérieur d'une enveloppe en fonte munie d'une buse par où s'échappe le jet de charbon dirigé à l'intérieur de la cornue.



Fig. 424. — Enfourneuse électrique Sautter-Harlé.

L'enfourneuse est munie d'un réservoir à charbon contenant huit à douze charges, et elle est posée sur un châssis automoteur, en utilisant en même temps la commande électrique pour actionner le mouvement de hissage des lanceurs. Pour doser le poids des charges, on fait usage d'un distributeur à vis d'Archimède. Pour étaler régulièrement la charge sur toute la longueur de la cornue, il suffit de commander mécaniquement le commutateur du rhéostat de réglage de vitesse. Pour faire varier à volonté le poids de charge, il suffit de disposer le commutateur de réglage de telle façon que, sans changer la gamme des vitesses, on puisse, pour une charge, faire varier le nombre des vis d'Archimède.

Cette condition est réalisée par un commutateur en forme de harpe (fig. 426), qui est commandé mécaniquement par le mouvement des vis, de telle sorte que le nombre de tours de celles-ci, et par suite le poids de charbon distribué, est proportionnel à la course du curseur du commutateur.

Une enfourneuse munie de quatre distributeurs à vis peut charger par heure environ 60 cornues de 6 mètres, ce qui représente 325 tonnes de charbon par jour, ce qui répond à une production de 90.000 à 100.000 mètres cubes de gaz.

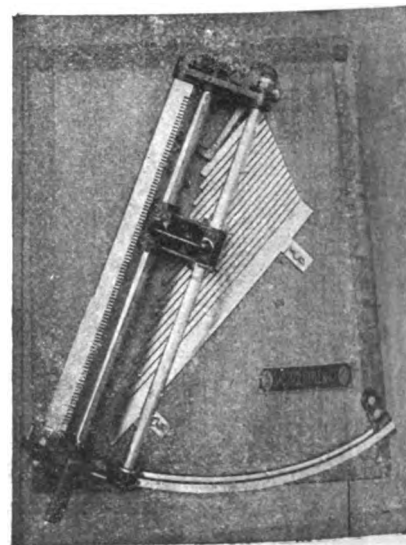


Fig. 425. — Commutateur de charge.

La machine à défourner (fig. 426) est du type à refoulement, ce qui exige des cornues ouvertes à chaque extrémité.

Un tampon en tôle épaisse est fixé à l'extrémité d'une crémaillère qui se télescope en deux ou trois tronçons, suivant l'espace disponible devant la batterie. L'enclenchement des tampons entre eux est réalisé au moyen d'un système robuste qui résiste parfaitement à la haute température des cornues :

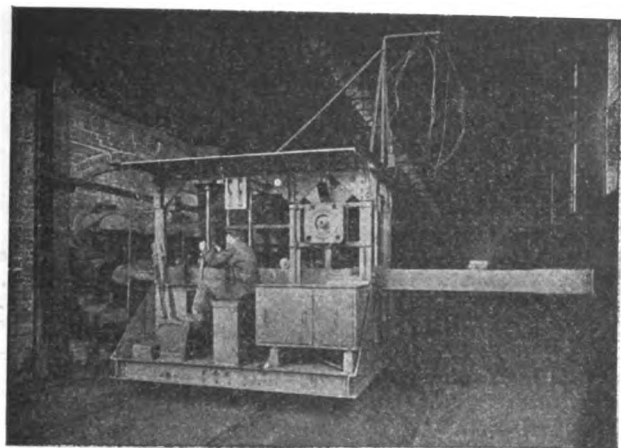


FIG. 426. — Défourneuse électrique Sautter-Harlé.

il ne comporte qu'un seul organe mobile, constitué par un verrou en fer rond, qui vient relier deux crémaillères consécutives, en s'engageant dans des entailles rectangulaires dont la coïncidence est assurée par des talons d'entraînement. Les extrémités de ce verrou s'engagent à certains moments dans des glissières fixes qui l'obligent à pénétrer dans les entailles pour l'enclenchement ou à en sortir, au moment du retour des crémaillères.

La boîte servant d'enveloppe aux crémaillères est reliée à quatre vis verticales permettant d'amener le tampon refou-

loir au niveau des différentes rangées de cornues. Ces défourneuses s'établissent soit avec trois moteurs, un par mouvement, soit avec un seul moteur et un jeu d'embrayages permettant de le relier à volonté aux organes de défournement, du hissage ou de la translation.

Avec ces machines, la durée d'un défournement, toutes manœuvres comprises, est d'environ une minute, ce qui fait qu'une défourneuse peut opérer sur soixante cornues environ par heure. Au point de vue de la stabilité, il y a avantage à faire rouler ces machines sur une voie aussi large que possible, 2^m,50 à 3 mètres.

Les machines doubles (enfourneuse-défourneuse) offrent un encombrement total moindre, et le mécanisme est plus réduit, certains organes, comme ceux de la translation et du hissage, pouvant être communs aux deux appareils. L'emploi de ces appareils est tout indiqué dans les usines comportant une cinquantaine de cornues.

Transport et extinction du coke système Illg. — Un des exemples les plus intéressants de la variété d'applications de la voie suspendue électrique est le procédé de transport et d'extinction du coke, d'après le système Illg.

Le coke sortant des cornues ou des fours à coke tombe dans un récipient perforé immergé dans une cuve remplie d'eau où, par suite, il est immédiatement éteint. Lorsque tout le coke est enlevé de la cornue, le récipient rempli de coke est soulevé par le treuil d'un wagonnet électrique, tandis que l'eau reste dans la cuve. Après achèvement du levage, le wagonnet se dirige vers l'atelier de préparation ou vers le dépôt sans qu'un transbordement ait lieu. Les wagonnets une fois vidés retournent d'eux-mêmes à la salle des cornues. Pour reprendre le coke du dépôt, on se sert également des wagonnets électriques; les bennes sont descendues sur le tas, emplies de coke, remontées par le treuil et menées à l'atelier de préparation.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE	
APPAREILS ISOLÉS	
Crics.	
	Pages.
Crics ordinaires.....	1
— à engrenages et vis sans fin.....	1
— à leviers et crémaillères.....	2
Crics à descente instantanée.....	2
Crics à descente automatique.....	2
Crics — — instan- tanée.....	2
Crics à friction américains.....	2
Vérins.	
Vérins à bras.....	2
Vérins ordinaires.....	2
Vérins à vis télescopiques.....	2
Vérins à double U.....	3
Vérins hydrauliques.....	3
— pneumatiques.....	4
— électriques.....	5
Palans.	
Moufle.....	5
Palans ordinaires.....	5
Palan différentiel.....	6
Palan à vis réversible.....	6
Palan à vis non réversible.....	6
Palan à engrenages droits.....	6
Essais des palans.....	6
Palans à doubles pignons différentiels (Système Lavery).....	6
Palans à vis sans fin et à engrenages (Système Schuchart et Schutte. Eade, Moore, Pickering, Paris, Mork).....	6
Palan Velox.....	6
Palan Becca.....	7
Palan triplex Yale et Towne.....	8
Palan duplex.....	9
Palan triplex Glaenger et Perreaud.....	9
Palans pneumatiques.....	9
Palan pneumatique utilisé comme monte-charge.....	9
Palan à air comprimé (Système Halsey) — à moteur rotatif.....	10
— à action directe Northern.....	10
Palans électriques.....	11
Dispositifs d'un palan électrique.....	11
Palan de la Société internationale d'é- lectricité.....	11
Palan Gustin.....	12
Palan Yale et Towne.....	12
Palan Pilling.....	13
Palan transbordeur.....	13
Cabestans.	
Emploi des cabestans.....	14

	Pages.
Cabestans à bras.....	14
Cabestans à vapeur.....	14
Cabestans électriques.....	14
Cabestans de la Société alsacienne de Constructions mécaniques.....	14
Cabestans Westinghouse.....	14
— à double vitesse.....	15
Treuils.	
Treuils à bras.....	16
à noix.....	16
à tambour.....	16
FREINS.....	17
Embrayage à friction.....	17
— cônes.....	17
Régulateurs de vitesse à force cen- trifuge.....	18
Treuil de sûreté à double effet Mégy.....	18
Treuils à vapeur.....	18
Treuils A. Fournier et fils.....	19
— Brown.....	20
— Tamperley.....	20
Treuils à pétrole.....	20
Treuils électriques.....	20
Treuils à noix.....	20
— tambour.....	20
FREINS.....	21
Freins mécaniques.....	21
Embrayage magnétique.....	21
Frein bloqueur modérateur.....	22
— automatique Oerlikon.....	22
— de sécurité.....	23
Système Heuze-Frizon-Lahmeyer.....	23
Treuils électriques pour mines.....	23
Treuils roulants.....	24
Construction des châssis.....	24
Manœuvre des treuils à bras.....	25
Translation du chariot.....	25
DEUXIÈME PARTIE	
APPAREILS COMBINÉS	
Commande électrique.	
Moteurs électriques.....	28
Moteur série.....	28
— shunt.....	28
— à courant alternatif mono- phasé.....	28
— asynchrone triphasé.....	28
Réglage de vitesse.....	28
Freinage.....	29
Moteurs blindés.....	30
Détermination de la puissance et choix d'un moteur.....	30
Appareils de commande.....	31
Démarrage et arrêt.....	31

	Pages.
Contrôler pour grues d'atelier de montage.....	31
Démarrages automatiques.....	32
Contrôleur automatique (Système Westinghouse).....	33
Contrôleur inverseur automatique.....	33
Contrôleur de déplacement pour grues (Allgemeine Elektrizitäts-Gesell- schaft).....	33
Coupleurs.....	34
Moteur pour chargement de fours Martin.....	34
Electro-aimants de levage.....	35
Force portante.....	35
Application des électro-aimants.....	36
Electro-aimant multipolaire à pièces polaires déformables.....	36
ESSAIS ET EXPÉRIENCES.....	36
aux ateliers de construction de loco- motives Henschel et fils.....	36
aux hauts fourneaux de Lübeck.....	36
aux établissements Stumm.....	36
à l'aciérie Martin de Riesatt.....	36
Ascenseurs.	
Dispositions générales.....	37
Mesures de sécurité.....	37
Ascenseurs hydrauliques.....	37
Ascenseurs à puits sans équilibre.....	37
— avec équilibre supérieur.....	37
— sans puits avec presse ver- ticale alésée.....	37
— sans puits avec presse ver- ticale à piston plongeur.....	37
Presse horizontale alésée.....	39
Grands ascenseurs modernes.....	39
Cylindres hydrauliques verticaux.....	39
Cylindres hydrauliques horizontaux.....	39
Ascenseurs à haute pression.....	40
Ascenseurs à haute et basse pression Ascenseurs Abel Pifre à deux pres- sions.....	40
APPAREILS DE MANŒUVRE pour ascenseur d'immeubles.....	41
Commande par corde sans fin.....	41
— boutons.....	42
— commutateur.....	42
— blocage électro-méca- nique.....	42
— par servo-moteur.....	43
APPAREILS DE SÛRETÉ pour ascenseurs.....	43
Parachutes.....	44
à billes.....	44
à coin (Système Abel Pifre.....	44
Frein hélicoïdal (Système Backmann) — hydraulique à piston.....	45
— hydro-pneumatique.....	45
— Smith.....	45
Serrures automatiques.....	45

	Pages.		Pages.		Pages.
Ascenseurs à air comprimé	45	Grue flottante de 100 tonnes de l'arsenal de New-York.....	90	Câbles clos.....	104
Ascenseur à piston porte-cabine sans équilibrage.....	46	Installation des grues	91	Câbles mi-clos.....	104
Ascenseur à piston porte-cabine avec équilibrage supérieur.....	46	DISPOSITIF DE CALES.....	91	Pylônes.....	104
Ascension à équilibrage inférieur par compensateur.....	46	Dispositif de MM. Harland et Wolff de Belfast.....	91	Sabots des câbles porteurs.....	104
Ascenseurs électriques	46	Dispositif de San Francisco.....	91	Stations de chargement.....	105
Ascenseur à treuil avec équilibrage.....	47	— Stettin.....	91	à trémie.....	105
DISPOSITIFS DE DÉMARRAGE ET D'ARRÊT RAPIDES.....	47	— M. N. Swan et Hunter.....	91	à niveau.....	105
par transmission à vis sans fin.....	48	— de Duisboug.....	91	Stations d'angle.....	106
par attaque directe de l'électromoteur.....	48	Dispositif de Barrow.....	91	Stations de déchargement.....	107
DISPOSITIFS DE SURETÉ.....	49	— Stellton.....	91	surélevée.....	107
MISE EN MOUVEMENT DU MOTEUR ÉLECTRIQUE.....	49	— des chantiers de Saint-Nazaire.....	91	à niveau.....	107
Ascenseurs électriques pour bateaux	48	INSTALLATION DES GRUES POUR BASSINS A FLOTS.....	91	Stations de tension.....	107
Prix d'installation et dépenses annuelles d'ascenseurs fonctionnant à Paris	51	Grue de 150 tonnes des chantiers navals John Brown et C ^o de Clydebank.....	91	Wagonnets.....	108
Règlement sur les ascenseurs d'immeubles	52	Grue de 150 tonnes à Kiel.....	91	Bennes.....	108
Escaliers mobiles	53	Grue de 150 tonnes de Saint-Nazaire.....	92	Chariots de roulement.....	108
		ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE d'une grue à trois moteurs à courant continu.....	93	Appareils d'accouplements en dessous.....	108
		INSTALLATION D'UNE GRUE FLOTTANTE à moteur à pétrole.....	93	Appareils d'accouplements en dessus.....	108
				Système Otto Pohling	109
				Système Benrath	110
				Système Neyret Brenier	110
				Calcul des porteurs aériens	111
				Moteurs destinés aux transporteurs aériens.....	113
Monte-charges.				Voies suspendues à trolleys.	
Calcul de la puissance d'un monte-charge.....	53			Service en circuit.....	114
Monte-charge à simple benne non équilibrée.....	53			Service de va-et-vient.....	114
Monte-charge à simple benne équilibrée.....	53			Éléments d'une voie suspendue.....	114
Monte-charge double benne.....	54			Transporteurs monorails.....	115
Monte-charge à bras	54			Roulage à main.....	115
— mécaniques.....	54			Système Brown.....	116
— électriques.....	56			Voie « passe-partout » de la Société de Manutention mécanique industrielle.....	116
Arrêts automatiques.....	56			Système Tourtellier et fils.....	117
Treuil électrique pour monte-charges.....	56			Transporteurs à godets monorails.....	118
Monte-charges pour automobiles.....	57			Types d'installations de voies suspendues électriques	118
Monte-wagons et monte-voitures.....	58			Amenée de courant par câble extérieur rails éclissés.....	118
Calcul des dimensions d'un moteur commandant un monte-charge	58			Addition d'un câble de traction.....	118
				Systèmes Bleichert.....	118
				— Neyret Brenier.....	119
				RALENTISSEURS DE VITESSES.....	119
				Système de la Benrath Maschinenfabrik, A. G.....	119
				Appareils Standard (Construction Ceretti et Tanfani).....	120
				Appareils Idéal (Construction Ceretti et Tanfani).....	121
				Chariots	122
				Moteurs pour chariots.....	122
				Chariots américains Northern.....	124
				Trolley électrique type Northern Express.....	124
				Trolley Northern type Lake Shore.....	125
				Trolley Northern type Junior.....	125
				Chariot électrique automoteur.....	126
				Bennes.	
				Bennes ordinaires de transport.....	126
				Bennes preneuses.....	127
				Treuil de bennes preneuses.....	127
				Bennes-dragues.....	127
				Bennes automatiques.....	127
				Grappins de suspension pour tôles et plaques.....	128
				Crochets de sécurité Paris.....	128
				Commandes pour bennes preneuses	128
				Commandes à trois câbles.....	128
				— avec deux poulies folles.....	128
				Commandes à deux câbles.....	129
				— à un câble.....	129
				Trainage sur voies.	
				Trainage par contre-câble.....	129
				Trainage par frein.....	129

	Pages.		Pages.		Pages.
Trainage par câble sans fin	129	Chevalet de chargement	142	Pont pour le transport de massaux de 15 mètres de long	155
Poulies et tambours d'entraînement ..	129	Câbles transbordeurs	144	Pont roulant de fonderie (Construction A.-G. Tigler)	155
Couplage du wagon à l'organe de traction	130	POUR APPROVISIONNER LES NAVIRES EN MARCHÉ (Système Spencer Miller)	144	Pont roulant de fonderie (Construction Schenk et Liebe-Harkort)	155
Chargement et déchargement des wagonnets	130	POUR LES CHANTIERS NAVALS	145	Pont roulant de fonderie servant de presse	155
Calcul des câbles, wagonnets, poulies ..	130	Transporteurs Bode	145	Pont roulant des établissements de Neunkirchen pour le chargement des rails	155
Vitesses de déplacement	130	— Appleby Temperley	145	Pont roulant pour le lavage des tuyaux de fonte de 10 tonnes (Construction de la Maschinenfabrik Augsburg-Nuremberg)	156
Emploi et avantage du trainage sur voies	130	— Barry	145	Manipulation de la mitraille : Mise en paquets, chargement, etc.	156
Transbordeurs et déchargeurs		Halage électrique sur les canaux	146	Exemples de ponts roulants	156
Wagons culbuteurs	130	Tracteurs	146	Chargeuses pour fours Martin	158
Chariot basculeur	130	Tracteur-dispositif par câble sans fin de la C^e Générale électrique de Nancy	146	Mélangeurs à fonte Stuckenholtz	158
Culbuteur pivotant	130	Locomotives	146	Ponts roulants à couler	158
Wagon auto-déchargeur à charnières parallèles aux voies	130	Plans inclinés		Ponts roulants démolisseurs	158
Wagon auto-déchargeur à charnières perpendiculaires aux voies	130	Plans inclinés pour la manutention des matériaux	147	Ponts roulants pour le service des cages Blooming	160
Wagon à vannes	130	Chariots toueurs	147	Chemin de fer aérien sur câbles (Construction Beer)	160
Culbuteurs de wagons	130	Tracé des plans inclinés	148	Voie suspendue aérienne installée dans une fonderie (Construction Tourtellier)	162
Culbuteurs en bout à fosse	130	Plan incliné à voie unique, avec aiguillage au milieu	148	Chargeuse de fours Martin (Société alsacienne de Constructions mécaniques)	162
— de niveau	130	Plan incliné à voie unique, sans aiguillage au milieu	148	Appareils de manutention dans les hauts fourneaux	
— élévateurs	130	Wagonnets type, chariot porteur incliné	148	Installations de la maison Stuckenholtz	164
Culbuteurs latéraux	130	Wagonnets type, chariot commun	148	Monte-charges système Stahler et Benrath	165
Basculiers de wagons (Construction Fried Krupp)	131	Évite-molettes	148	Sondes pour hauts fourneaux	165
Chargeurs automatiques	131	Chargement et déchargement	148	Transport de la fonte liquide	165
Chargeurs à chocs	132	Effort maximum sur le treuil et sur le câble	148	Évacuation des laitiers	165
— à sole tournante	132	Plans inclinés pour le transport des personnes	149	Chargement de la fonte Spiegel	165
— à chariot	132	Choix du profil	149	Alimentation des hauts fourneaux par les voies suspendues électriques	166
— à rouleaux	132	Treuil	150	Service des fonderies	166
— à palette	132	Câble	150	Installations des hauts fourneaux de Fumel	167
Convoyeurs	132	Voiture	150	Manutention mécanique dans les usines à gaz	
Convoyeur Hunt	132	Freins automatiques	150	Installation de la manutention du coke à l'usine à gaz de Nancy	171
— Pohl	133	Appareils de manutention dans les usines métallurgiques		Chaines à godets dragueuses	172
Élévateurs Hunt	133	Électro-aimants	151	Installation du transport de charbon à l'usine à gaz de Bromberg	172
Installation pneumatique pour la manutention des céréales	134	ÉCONOMIE RÉSULTANT DE LEUR EMPLOI	151	Installation du transport de charbon à l'usine à gaz de Stuttgart	174
Installations Système Seck	134	Statistique du Chicago Rock Island et Pacific R. R.	151	Chargement et déchargement des cornues	176
Installations Système Duckheim	135	Statistique de la Lake Shore and Michigan Southern R. R.	151	Enfourneuses	176
Installations de la brasserie de Lutschena	135	Étude de M. H.-F. Stratton dans the Foundry	152	Défourneuses	177
Installations de la brasserie Habel	135	GRUES A ÉLECTRO-AIMANTS	152	Enfourneuses-défourneuses	177
Ponts transbordeurs roulants	135	PONTS A ÉLECTRO-AIMANTS	153	Système Illig pour le transport et l'extinction du coke	177
Installations du port de Breslau (Construction Fried Krupp A. G.)	136	Pont à concasseur et électro-aimant (Construction Lauchhammer)	153		
Ponts transporteurs	137	Pont à chariot double (Construction de la Maschinenfabrik Esslingen) ..	154		
Ponts transporteurs Hunt	137	Pont roulant des hauts fourneaux d'Ambert (Construction de la Maschinenfabrik d'Augsbourg)	154		
Appareils pour manutention des charbons et cendres	138	Pont pour le haut fourneau de Dortmund (Construction Lauchhammer)	155		
Installations de l'Usine d'électricité de Coventry (Construction Bennis and C^e Ltd)	139				
Chemin de fer automatique (Système Hunt)	140				
Manutention du charbon dans les dépôts de la Compagnie d'Orléans	140				
Chargeurs pour chaudières	141				
Chargeur Bennis	141				
Voies suspendues électriques	141				
Installations de l'usine de Saint-Ouen de la C. P. D. E.	141				

CONFÉRENCES DE « LA TECHNIQUE MODERNE »

LES PROGRÈS RÉCENTS DE LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

APPLICATIONS DE LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL A LA NAVIGATION

CONFÉRENCE FAITE LE VENDREDI 25 NOVEMBRE 1910

Par M. le Lieutenant de vaisseau TISSOT

Docteur ès sciences, Professeur à l'École Navale.

Sous la présidence de M. l'Amiral DE FAUBOURNET DE MONFERRAND, Représentant M. le Ministre de la Marine.

I. — Les relèvements par T. S. F.

POINT DE DÉPART DES RECHERCHES : IMPERFECTIONS DE LA SYNTONIE. — Le développement de la télégraphie sans fil, en amenant la multiplication du nombre des stations, a eu pour effet de rendre l'échange des messages de plus en plus difficile. Tous les postes de T. S. F. sont en effet contraints d'emprunter le même milieu pour opérer la transmission de leurs signaux, de sorte que la télégraphie *sans fil* est en réalité de la télégraphie à une seule ligne commune pour tous.

Les efforts des chercheurs ont tout d'abord porté sur la réalisation de la *syntonie*, c'est-à-dire sur les moyens propres à réaliser un dispositif qui ne puisse être impressionné que par les seules ondes émises par certaines stations déterminées à l'exclusion de toutes les autres.

La solution la plus générale du problème doit consister à assurer le secret des communications entre deux postes, en les empêchant d'être troublées volontairement ou involontairement.

On sait que c'est en utilisant les phénomènes de résonance que l'on s'est efforcé d'obtenir ce résultat.

Toutefois, en dépit des intéressants résultats obtenus, soit par l'emploi des étincelles *musicales*, soit par celui des ondes entretenues et, en particulier, de l'arc de Poulsen, le problème n'a reçu jusqu'à présent qu'une solution partielle qui semble condamnée à demeurer longtemps incomplète.

Quel que soit le degré de syntonie ou d'*acuité de résonance* réalisé, il est toujours possible, dans un poste quelconque situé dans le rayon d'action du transmetteur, à un personnel exercé, d'accorder son récepteur de manière à intercepter les signaux.

De là à la possibilité de troubler les signaux émis, il n'y a qu'un pas, vite franchi, si le personnel exercé est doublé d'un technicien capable de déduire de l'accord obtenu la valeur de la longueur d'onde employée.

Ainsi, la syntonie demeure encore fort restreinte, même avec l'emploi des ondes entretenues ; elle ne peut s'opposer aux troubles *volontaires* des communications, et ne permet pas d'en assurer le secret. Si l'on possédait le moyen de diriger les faisceaux de rayons électriques comme on possède celui de diriger les rayons lumineux, un grand pas serait fait pour assurer à la fois la sécurité et la discrétion des signaux.

Par un jeu convenable de lentilles et de miroirs, on sait que l'on envoie, en *télégraphie optique*, des faisceaux lumineux capables de se croiser en tous sens sans se gêner mutuellement et de permettre l'échange simultané de messages qui ne sont interceptés que par les intéressés.

On ne peut songer à utiliser la réflexion des ondes hertziennes sur des miroirs appropriés. Dès que l'on veut mettre en jeu une

énergie tant soit peu notable, on est conduit à employer de grandes longueurs d'onde. Pratiquement, les ondes communément utilisées en T. S. F. dépassent 300 mètres. Aussi les phénomènes de *diffraction* prennent-ils une importance capitale.

Tandis qu'un miroir de quelques millimètres carrés suffit à produire la réflexion régulière des ondes lumineuses dont la longueur est une fraction de micron, il faudrait un miroir de plusieurs kilomètres carrés pour assurer la réflexion régulière des ondes électriques qui ont plusieurs centaines de mètres de longueur.

Aussi, est-ce dans une voie toute différente que l'on s'est engagé pour chercher un moyen d'orienter les ondes électriques.

Ces recherches sont intéressantes par elles-mêmes. Mais elles prennent un intérêt encore plus grand du fait qu'elles ont fait faire un pas décisif à un important problème de navigation.

LES ONDES DIRIGÉES : TRAVAUX DE FLEMING ET MARCONI. — Les premières tentatives de télégraphie sans fil *dirigée* sont dues à Fleming et Marconi et ont eu pour point de départ une observation fortuite de Marconi.

L'expérience montre qu'une antenne recourbée qui présente une longue branche horizontale et une branche verticale courte donne naissance à un rayonnement *dissymétrique*.

A une même distance de l'antenne, on constate que le rayonnement n'a pas la même valeur dans les différents azimuts.

Il est plus intense, notamment, dans la direction BA que dans la direction opposée AB vers laquelle est dirigée l'extrémité libre de l'antenne (fig. 1).

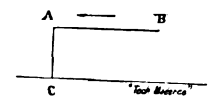


FIG. 1.

On peut donner une première explication qualitative du phénomène en assimilant l'antenne recourbée à un système constitué par l'association d'un *oscillateur fermé* de forme rectangulaire, et d'un *oscillateur ouvert*.

Si l'on suppose que le courant, à un instant donné, a dans le cadre (fig. 2) la direction indiquée par les flèches, et dans l'oscillateur rectiligne AB un *sens contraire* à celui qu'il a dans le côté MN, on voit que les champs magnétiques se contrarient dans la région située à droite de AB, tandis qu'ils s'ajoutent dans la région de gauche.

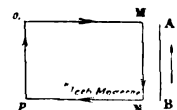


FIG. 2.

Le rayonnement d'un pareil système est donc *dissymétrique*. D'ailleurs, si l'on fait en sorte que les courants dans MN et AB soient, non seulement de sens opposés, mais de même valeur, ils se neutralisent à chaque instant, de sorte que le système équivaut bien à une antenne courbée.

Sans insister sur cette explication, il est clair qu'il se produit, dans la réception avec antenne recourbée, la même dissymétrie que dans l'émission. De même qu'un corps doué d'un grand pouvoir émissif est un corps qui est bon absorbant des radiations calorifiques, une antenne qui rayonne bien, c'est-à-dire qui émet bien les radiations électriques, est également bonne réceptrice. Une antenne apte à mieux rayonner dans une certaine direction reçoit mieux les ondes qui parviennent de cette direction que des autres.

Ainsi, les effets exercés sur une antenne réceptrice recourbée A'B'C' (fig. 3) sont plus intenses quand l'extrémité libre de l'antenne est orientée en sens contraire de la direction du poste émetteur que lorsqu'elle est orientée vers ce poste.

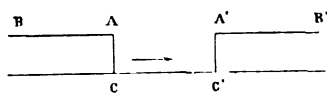


FIG. 3.

Fleming a tracé des diagrammes de l'énergie reçue dans les différents azimuts par une antenne verticale quand on prend comme système radiateur une antenne recourbée. Ces diagrammes, que l'on obtient aisément en intercalant dans l'antenne réceptrice un détecteur thermo-électrique, présentent toujours la même forme générale.

Ils sont figurés par une courbe comprenant deux portions ovales inégales, allongées dans le sens de l'antenne et qui se raccordent par des angles rentrants (fig. 4).

Il y a un maximum dans la direction opposée à celle vers laquelle est pointée l'antenne, c'est-à-dire dans l'azimut 0°, un minimum relatif environ quatre fois plus faible dans l'azimut 180°, et deux minima absolus symétriques par rapport au plan de l'antenne dans les azimuts 110° et 250° environ.

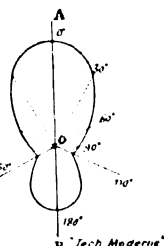


FIG. 4.

La dissymétrie est d'autant plus marquée que le rapport de la longueur de la portion horizontale à la portion verticale de l'antenne a une plus grande valeur.

Avec une antenne recourbée de 50 mètres de partie horizontale placée à 3 mètres du sol, disposée à Mullion (Cornouaille), on ne recevait les signaux de la station des Scilly, située à 85 km., que si le plan de l'antenne réceptrice faisait un angle inférieur de 20° avec la direction du poste transmetteur.

Cet angle est évidemment beaucoup trop grand pour que l'on puisse tirer parti de la propriété *directive* des antennes recourbées pour prendre un relèvement. Mais on peut utiliser cette propriété avec avantage pour *concentrer* le rayonnement d'une station dans un secteur déterminé.

C'est ainsi que la « Wireless Company » a muni d'antennes

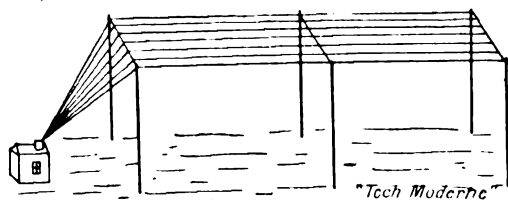


FIG. 5.

recourbées ses puissantes stations de Clifden et de Glace Bay, afin d'accroître l'intensité de la radiation selon la ligne qui joint les deux stations transocéaniques. Ces antennes recourbées sont constituées par un gril horizontal de 60 branches parallèles de 330 mètres de longueur, tendues à une centaine de mètres au-dessus du sol (fig. 5).

La concentration obtenue est d'ailleurs très relative. On arrive en effet à recevoir les signaux de Clifden dans des directions très différentes de la ligne Clifden-Glace Bay dans un périmètre fort étendu (dans la Méditerranée, par exemple).

LE PRINCIPE DES CHAMPS INTERFÉRENTS. — Une autre solution consiste à utiliser les phénomènes d'interférence.

Considérons deux antennes verticales ayant chacune pour longueur le quart de la longueur d'onde de l'oscillation émise $\left(\frac{\lambda}{4}\right)$, et distantes d'une demi-longueur d'onde $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ (fig. 6).

Si elles oscillent *en phase*, il y a interférence dans le plan des antennes et addition des effets dans le plan médian perpendiculaire.

Si elles oscillent *en opposition de phase*, il y a au contraire interférence dans le plan médian perpendiculaire à celui des antennes, tandis qu'il y a addition des effets dans le plan même des antennes. Il s'ensuit que l'action exercée par un pareil système sur un récepteur de télégraphie sans fil sera *nulle* dans le plan médian, *maximum* dans le plan des antennes.

Tel est le système qui a été proposé par M. Brown, puis par M. Blondel sous le nom de *champ de concentration* et que l'on doit légitimement considérer comme une adaptation heureuse du principe des *champs interférents* de M. Turpain.

Quoi qu'il en soit, on conçoit que l'on rencontre certaines difficultés pratiques à produire l'excitation des deux antennes avec la différence de phase voulue. D'ailleurs, pour qu'il y ait concentration du champ hertzien dans le plan des antennes, il n'est pas nécessaire que leur distance soit exactement égale à $\frac{\lambda}{2}$, pourvu qu'elles oscillent en opposition de phase.

Si elle a une valeur quelconque d , il se produit encore une concentration du champ, mais elle est moins accentuée.

Un circuit fermé vertical en forme de cadre rectangulaire, dans lequel le courant à un instant donné est successivement en opposition de phase dans les deux côtés verticaux AB et A'B' (fig. 7), se comporte sensiblement comme le système d'antennes parallèles et donne une concentration du champ dans le plan du cadre (*).

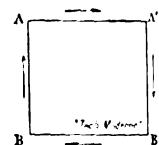


FIG. 7.

AÉRIENS DIRIGEABLES. — C'est la propriété que MM. Tosi et Bellini ont utilisée dans le système d'antennes qu'ils emploient pour orienter les ondes dans une direction donnée. Toutefois,

au lieu d'adopter un circuit *rectangulaire* complètement fermé, ils l'ont remplacé par un circuit de forme *triangulaire* presque fermé, afin d'apporter quelque simplification aux installations et de pouvoir se servir d'un mât unique comme support du système d'antennes.

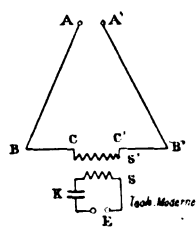


FIG. 8.

Pour exciter des oscillations dans ce cadre triangulaire, le moyen le plus simple consiste à intercaler dans la base BB' (fig. 8) le secondaire d'un transformateur Tesla, dont le primaire fait partie d'un circuit de décharge à condensateur alimenté par une bobine d'induction ou un trans-

(1) Supposons en effet que l'on prenne pour origine le point O milieu de la distance AA' des antennes. Une antenne placée en O ferait naître, en un point M, un champ électro-magnétique proportionnel à $I \sin \omega t$. Le champ créé en M par l'antenne A' qui est déplacée de la longueur $\frac{d}{2}$ dans le sens de la propagation est $I_0 \sin \left(\omega t + \frac{\pi d}{\lambda} \right)$.

Au même point M, le champ créé par l'antenne A est $I_0 \sin \left(\omega t - \frac{\pi d}{\lambda} \right)$.

D'où le champ résultant :

$$I_0 \left[\sin \left(\omega t + \frac{\pi d}{\lambda} \right) - \sin \left(\omega t - \frac{\pi d}{\lambda} \right) \right] = 2 I_0 \sin \frac{\pi d}{\lambda} \cos \omega t.$$

Il atteint une valeur maximum pour $d = \frac{\lambda}{2}$ et va en décroissant quand le rapport $\frac{d}{\lambda}$ diminue (à partir de $\frac{d}{\lambda} = \frac{1}{2}$).

formateur industriel. L'accord doit, bien entendu, être établi entre les circuits en intercalant, s'il est nécessaire, des bobines de self-induction convenables dans les branches BC et B'C'.

Il importe d'ailleurs, par raison évidente de symétrie, que la répartition des selfs soit la même dans chacune des branches.

Nous avons fait remarquer plus haut que le champ électromagnétique créé par un circuit fermé de forme rectangulaire n'a pas la même valeur dans tous les azimuts. La théorie indique que la loi de variation du champ dans les différents azimuts est

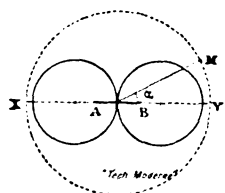


FIG. 9.

sinusoïdale. Telle est également la loi de variation de la force électromotrice induite dans une antenne réceptrice verticale placée dans les divers azimuts à une même distance du transmetteur.

Si l'antenne réceptrice se trouve dans la direction OM (fig. 9), et que l'on désigne par α l'angle de la direction OM avec la direction XY du plan du cadre AB,

le courant induit dans cette antenne a pour valeur $I = I_0 \cos \alpha$ et le diagramme du courant dans les différents azimuts est représenté par deux cercles tangents.

Quant au diagramme de l'énergie rayonnée dans les différentes directions, c'est-à-dire de l'énergie reçue par l'antenne placée dans les divers azimuts, il est figuré par une courbe dont les rayons vecteurs sont respectivement égaux aux carrés des valeurs précédentes, c'est-à-dire par la courbe dont l'équation est en coordonnées polaires $\rho = I_0^2 \cos^2 \alpha$: cette courbe se compose de deux ovales symétriques tangentes l'une à l'autre (fig. 10).

C'est bien le diagramme qui a été obtenu expérimentalement par MM. Tosi et Bellini en mesurant, à l'aide d'un thermo-galvanomètre, l'énergie recueillie par une antenne verticale située à une certaine distance d'un aérien triangulaire, quand on donne à cet aérien différentes orientations en le faisant tourner autour de son axe.

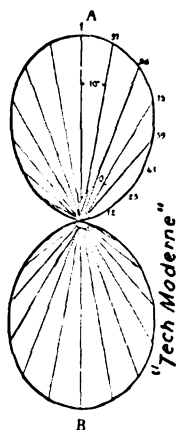


FIG. 10.

Il est clair que des effets tout à fait analogues peuvent être mis en jeu à la réception.

Considérons un transmetteur ordinaire, c'est-à-dire un transmetteur qui rayonne également dans toutes les directions.

Si l'on dispose dans le champ de ce transmetteur un circuit fermé vertical de forme rectangulaire, la force électromotrice induite dans ce circuit (force électromotrice due ici à la variation du flux magnétique) sera maximum quand le plan du circuit coïncidera avec la direction de propagation, c'est-à-

dire avec la direction du transmetteur, nulle quand le plan du circuit sera perpendiculaire à cette direction.

Entre ces deux positions, la variation de la force électromotrice induite suivra la loi du cosinus et sera représentée par un diagramme circulaire analogue à celui qui a été donné ci-dessus. Le diagramme de l'énergie reçue sera également figuré par les deux courbes ovales.

En fait, au cours d'expériences de mesures que nous avons personnellement exécutées à distance du poste de Kerlaër, nous avons constaté que l'on obtient parfaitement ce diagramme en intercalant un *bolomètre* dans un grand cadre rectangulaire récepteur successivement orienté dans les différents azimuts.

D'ailleurs, l'intensité de la réception sera représentée par l'un ou l'autre diagramme, selon que le récepteur utilisé sera sensible à l'effet *maximum* ou à l'effet *total*.

L'emploi de circuits fermés comme antennes — c'est-à-dire d'aériens dirigeables — à la transmission et à la réception, donne donc un moyen fort simple d'assurer l'indépendance des communications entre deux stations fixes. En disposant une fois pour toutes dans le même plan les aériens de ces deux stations, elles seront à même d'échanger des communications entre elles sans

apporter de trouble sensible aux stations voisines, ni être troublées par elles.

On peut arriver ainsi à obvier, dans une large mesure, aux imperfections de la syntonie que nous signalions au début : c'est un avantage sérieux des aériens dirigeables.

Toutefois, ce n'est qu'exceptionnellement que deux postes sont appelés à communiquer uniquement entre eux. Or, si le dispositif permet bien en principe de diriger le rayonnement maximum dans une direction quelconque en orientant le cadre transmetteur, il est clair qu'on se heurterait en pratique à des difficultés presque insurmontables avec des cadres aériens rectangulaires ou triangulaires présentant des côtés d'une cinquantaine de mètres de longueur.

LE RADIOGONIOMÈTRE. — MM. Tosi et Bellini ont cherché à obtenir la direction du rayonnement en se servant d'un système aérien *fixe* (1). La solution, fort ingénieuse, consiste à employer deux cadres aériens identiques disposés dans deux plans rectangulaires. Si l'un seul de ces cadres est excité, le rayonnement maximum se produit dans son plan. Mais si l'on excite les deux circuits simultanément, le rayonnement aura lieu dans une direction intermédiaire dépendant, et de l'intensité des oscillations excitées dans chacun des circuits, et de leurs phases respectives. Si l'on considère, en particulier, le cas où l'excitation des circuits suit la loi sinusoïdale, la composition des vecteurs montre que le champ résultant tourne tout autour de l'horizon en conservant la même intensité dans tous les azimuts.

Pour obtenir cette variation sinusoïdale de l'excitation dans chacun des circuits, le procédé est le suivant :

Deux cadres rectangulaires parfaitement symétriques (fig. 11) sont respectivement intercalés dans chacun des aériens et constituent les secondaires d'un transformateur Tesla, dont le primaire est formé par un cadre rectangulaire mobile, dont l'axe de rotation coïncide avec l'intersection du plan des deux cadres secondaires. L'enroulement primaire se trouve intercalé dans un circuit à condensateur, dont on opère le réglage de manière à ce qu'il soit en résonance avec chacun des aériens (qui ont dû au préalable être réglés à la même période à l'aide de selfs appropriés).

Les oscillations seraient excitées dans les deux circuits AA', BB' rigoureusement selon la loi sinusoïdale si la bobine inductrice présentait des dimensions très petites relativement aux bobines induites, et la direction du rayonnement dans l'espace coïnciderait exactement avec la direction de cette bobine mobile. Mais le couplage aurait une valeur trop faible.

Pour obtenir le même résultat avec un coefficient de couplage suffisant, c'est-à-dire avec une bobine inductrice assez rapprochée des bobines induites, pour que l'induction mutuelle des circuits ait une valeur notable, on a donné aux bobines la forme cylindrique.

Les deux enroulements secondaires sont constitués par un certain nombre de tours de fils parallèles, enroulés dans des plans perpendiculaires aux bases d'un cylindre et distribués de manière à couvrir la moitié de la surface disponible (fig. 12).

Le cylindre est creux et porte à l'intérieur un enroulement primaire qui est disposé sur un cylindre concentrique.

Ce cylindre est mobile autour de son axe qui coïncide avec l'axe du système : c'est en le faisant tourner que l'on oriente le rayonnement du transmetteur dans les différents azimuts.

Une solution identique s'applique évidemment à la réception.

Le système collecteur d'ondes est constitué par deux cadres rectangulaires ou triangulaires dont les plans sont perpendiculaires l'un à l'autre. Pratiquement, le système des aériens installé

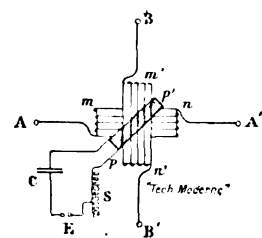


FIG. 11.



FIG. 12.

(1) Voir *La Technique Moderne*, II, n° 1 (Déc. 1908), p. 1.

sur les bâtiments se compose de quatre antennes égales, constituées chacune de trois ou quatre brins parallèles ou légèrement divergents vers le haut (fig. 13).

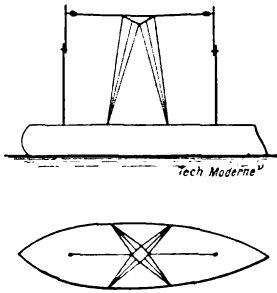
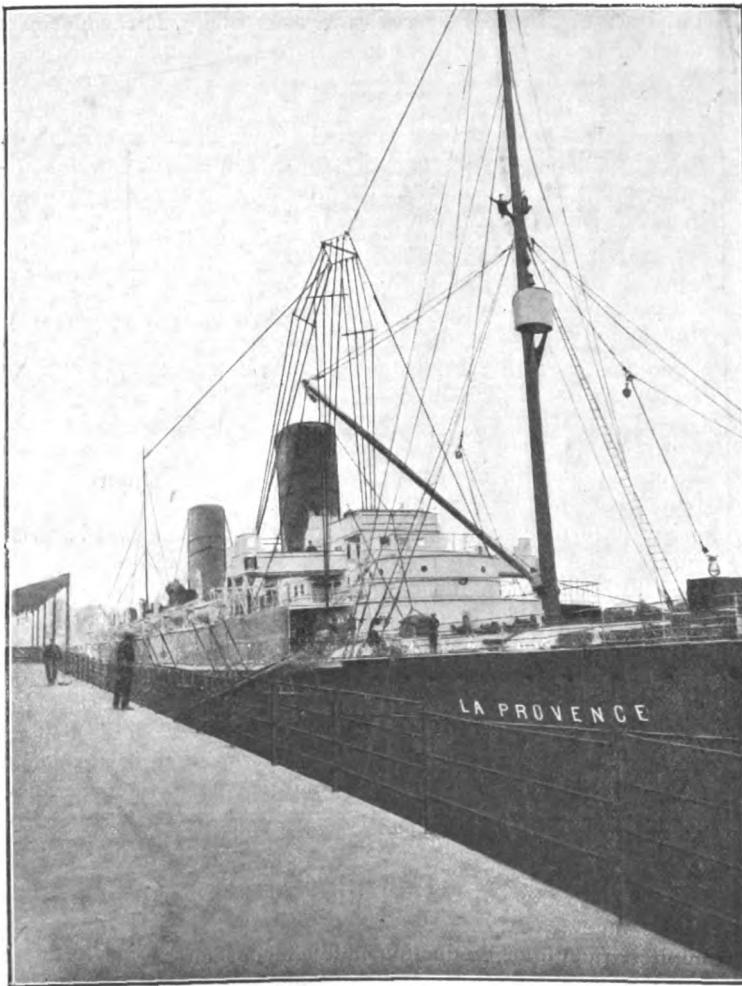


FIG. 13.

Les extrémités inférieures de ces quatre antennes sont fixées aux quatre coins d'un carré dont les diagonales forment un angle de 45° avec le plan longitudinal du bâtiment, et sont reliées au moyen de conducteurs horizontaux au *radio-goniomètre*.

Afin que les antennes soient bien dégagées, leurs extrémités supérieures sont supportées par un cadre carré, maintenu par



"Tech. Moderne"

FIG. 14.

une entremise tendue entre les mâts : elles occupent d'ailleurs des positions invariables (et des directions quelconques). La figure 14 montre la disposition adoptée sur le paquebot *la Provence*. Deux bobines fixes, également perpendiculaires l'une à l'autre, sont intercalées respectivement dans chacun de ces aériens (fig. 16). Ces bobines constituent ici les enroulements *primaires* d'un Tesla, dont le secondaire est formé d'une bobine *mobile* reliée aux dispositifs de réception.

Si le système reçoit les émissions d'un poste situé dans une direction quelconque par rapport aux aériens et aux cadres les deux enroulements *primaires* rectangulaires étant excités à la fois créeront, dans la région centrale commune, deux champs magnétiques perpendiculaires qui se composeront en un champ résultant. L'application très simple de la loi du cosinus et de la

règle de composition des vecteurs à ces oscillations en phase, montre que ce champ résultant est *perpendiculaire à la direction de propagation*.

Il s'ensuit que si l'on fait tourner la bobine mobile autour de l'axe commun du système en lui donnant différentes orientations, l'intensité de la réception passera par un maximum quand le plan de la bobine sera perpendiculaire au champ, c'est-à-dire dans la direction même du poste transmetteur. Le dispositif est réalisé en pratique par deux enroulements *fixes* perpendiculaires entre eux, disposés sur un cylindre creux d'une manière analogue à celle qui a été décrite plus haut et respectivement reliés à un couple d'antennes.

A l'intérieur du cylindre creux se trouve la bobine mobile, également cylindrique. Cette bobine *secondaire* tourne autour de l'axe commun du système, en entraînant dans son mouvement de rotation une aiguille qui se déplace sur un cadran gradué que l'on voit à la partie supérieure de la figure 15. Les extrémités de l'enroulement *secondaire* sont reliées au circuit du détecteur. Le circuit de résonance est constitué par l'enroulement *secondaire*, un condensateur fixe C (fig. 16) (ou deux condensateurs fixes C et C' disposés symétriquement) et un condensateur variable C_v .

Un écouteur téléphonique est disposé en dérivation aux



"Tech. Moderne"

FIG. 15.

bornes du condensateur C, tandis que le détecteur est en dérivation aux bornes du condensateur C_v . Ce détecteur est un détecteur à *contact solide* constitué par le contact d'une pointe métallique sur un cristal de *pyrite*.

Pour déterminer la direction d'où provient une émission, il suffit en principe de chercher la position du cadre mobile pour laquelle l'intensité de la réception atteint son maximum. Toutefois, pour obtenir avec plus de précision la direction du poste transmetteur, il convient de déterminer, non la position même de la bobine mobile au moment où la réception atteint son maximum, mais les positions limites pour lesquelles les signaux cessent d'être perçus : la direction cherchée est alors fournie très exactement par la bissectrice de l'angle obtenu.

Avant de procéder à l'opération, il est indispensable, bien entendu, que les circuits des aériens, ainsi que le circuit du secondaire, c'est-à-dire du détecteur, soient exactement accordés sur la longueur d'onde de l'émission.

On opère la mise à l'accord, d'une part en modifiant le nombre

des spires des primaires fixes, d'autre part en agissant sur le condensateur réglable intercalé dans la secondaire mobile et en dérivation aux bornes du détecteur.

Les expériences exécutées avec le radiogoniomètre sont des plus concluantes et méritent d'attirer l'attention des navigateurs. On a disposé tout d'abord l'instrument et le système d'aériens dans un poste fixe, à la station de Boulogne-sur-Mer, et l'on a pris les relèvements d'un poste de T. S. F. ordinaire installé sur un bâtiment, c'est-à-dire sur un poste mobile.

Le bâtiment (le cuirassé *le Bouvines*) croisait dans la Manche à une distance d'une dizaine de milles du poste de Boulogne, et faisait aux divers points de sa route des signaux de T. S. F. en déterminant sa position exacte à chaque série d'émissions.

Le poste de Boulogne prenait en même temps le relèvement hertzien du bâtiment à l'aide du radiogoniomètre : ce relèvement coïncidait en moyenne, à 2° ou 3° près, avec le relèvement exact.

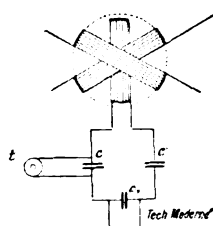


FIG. 16.

Renversant les conditions de l'expérience, on a installé sur un bâtiment (le cuirassé *le Carnot*), c'est-à-dire dans un poste mobile, un système d'aériens de manière à se placer dans le cas même de la pratique. Le bâtiment croisait au large de Brest, à une douzaine de milles de la

station de T. S. F. de Kerlaër. Cette station faisait à intervalles réguliers des signaux de T. S. F., permettant d'en prendre le relèvement hertzien à l'aide du radiogoniomètre installé sur le bâtiment.

Là encore, la plupart des relèvements obtenus coïncidaient, à 2° ou 3° près, avec les relèvements fournis par les points portés sur la carte, les écarts les plus forts restant inférieurs à 5°.

D'autres expériences ont été exécutées à de plus grandes distances, notamment sur la *Louisiane*, bâtiment de la Compagnie générale transatlantique : elles ont donné des résultats tout à fait analogues.

Ainsi, l'ensemble des aériens et du radiogoniomètre constitue un véritable compas hertzien ou radiocompas, permettant de déterminer le relèvement d'un poste de T. S. F. avec une approximation comparable à celle avec laquelle un compas magnétique permet de déterminer le relèvement d'un objet visible.

On sait à quels dangers est exposée la navigation en temps de brume, dangers qui n'ont fait que s'accroître avec l'augmentation progressive de la vitesse des bâtiments. Bien que l'adoption des cloches sous-marines et des microphones ait réalisé un grand progrès sur les anciens signaux sonores, la portée de ces signaux est trop faible pour assurer dans tous les cas la sécurité de la navigation. Mais la propagation des ondes hertziennes n'est nullement influencée par la brume : c'est au radiocompas qu'il appartient de fournir la solution du problème.

Il suffit que l'on suppose installé sur le littoral un réseau de postes spéciaux de T. S. F., émettant d'une manière continue ou à intervalles suffisamment rapprochés des ondes hertziennes, pour qu'un bâtiment muni d'un radiocompas puisse naviguer en temps de brume par relèvements de ces radiophares, comme il navigue par temps clair en vue des côtes en relevant les phares ou les amers.

II. — Le problème des longitudes en mer.

Que le navigateur soit au large ou près des côtes, son souci constant est de savoir à tout instant où il se trouve. La détermination de la position qu'il occupe à la surface des mers constitue le problème du point. Pour le résoudre avec quelque précision, le navigateur ne peut avoir recours qu'à l'observation des astres, car, d'un point à un autre de la surface des mers, la seule chose qui change est l'aspect du ciel.

D'ailleurs, pour obtenir le point, il est nécessaire en principe d'avoir deux coordonnées : la latitude et la longitude. Or, si l'observation des astres fournit aisément la latitude (culmina-

tions, par exemple), il n'en est pas de même pour la longitude.

La longitude ne peut s'obtenir en effet que par la différence de deux angles, et sa détermination nécessite la connaissance simultanée de l'heure du lieu et de l'heure du méridien origine — de Paris, par exemple.

C'est cette dernière détermination qui fait toute la difficulté du problème, car l'heure locale est fournie par l'observation des astres avec la même facilité que la latitude.

Le navigateur n'a au contraire à sa disposition que des procédés astronomiques compliqués, voire même peu précis — du moins dans les conditions où il est contraint d'opérer — pour obtenir l'heure de Paris.

Aussi la solution de ce problème a-t-elle été de tout temps l'objet des préoccupations constantes des navigateurs.

On donnera une idée de l'importance qu'on attachait à cette solution en rappelant que le Parlement d'Angleterre en 1714 assurait 20.000 livres (sterling) à l'inventeur d'un procédé capable de fournir la valeur de la longitude à 0°,5 près, c'est-à-dire le temps du méridien origine à deux minutes près, et que le régent de France à la même époque offrait une prime équivalente, soit 100.000 livres (françaises), à celui qui résoudrait la question.

On sait comment fut résolu le problème par la construction d'une horloge capable de transporter le temps. Un charpentier, Harisson, après quarante ans de recherches, livra une montre qui fut essayée dans deux voyages à la Jamaïque (1761 et 1763).

Dans le premier, qui dura cent quarante-sept jours, la montre n'avait varié que de 1 minute 54 secondes. Harisson gagna donc le prix : je crois, d'ailleurs, qu'il n'en toucha jamais que la moitié.

En France, c'est vers la même époque que Leroy et Berthoud construisirent les premiers chronomètres. Ils donnaient une exactitude du même ordre que la montre d'Harisson et permettaient de connaître la longitude à 0°,5 près au bout de six semaines.

C'est encore le procédé auquel on s'adresse aujourd'hui dans la pratique courante de la navigation.

Le navigateur emporte avec lui une montre de précision qu'il surveille avec soin et ne laisse jamais s'arrêter.

Mise au départ à l'heure du méridien, origine de Paris, par exemple, cette montre garde le temps de Paris en tout lieu.

De sorte qu'il suffit, pour avoir la longitude, de retrancher simplement de l'heure de Paris donnée par la montre, l'heure du lieu fournie par une observation d'angle horaire.

Toute la valeur du procédé repose sur la qualité du chronomètre.

A la vérité, l'horlogerie de précision fait maintenant des merveilles, et les premières montres d'Harisson et de Leroy paraissent bien grossières à côté des chronomètres modernes.

Toutefois, quelque confiance que l'on puisse avoir dans une montre, quand elle est seule, — ce qui est le cas général à bord des bâtiments de commerce, — on peut être exposé à des surprises si l'on n'en contrôle les indications de temps à autre.

Plus fréquents seront ces contrôles, et plus grande sera la confiance que l'on pourra avoir dans les indications de la montre.

Et, s'il est possible de les obtenir à intervalles suffisamment rapprochés, on conçoit que la qualité du chronomètre perde de son importance, car la sécurité de la navigation se trouve assurée presque sans lui. Ainsi, que l'on ait la possibilité d'assurer des contrôles périodiques et fréquents et le problème des longitudes en mer aura reçu une solution générale.

SIGNAUX HORAIRES RADIOTÉLÉGRAPHIQUES. — Dès l'apparition de la T. S. F., on pouvait prévoir qu'elle fournirait cette solution.

Toutefois, tant que la technique fut peu avancée, et que pour obtenir des portées d'une centaine de kilomètres il fallait avoir recours à des dispositifs de réception délicats et capricieux, on ne pouvait songer à l'utiliser à la transmission d'un signal horaire capable de rendre un véritable service aux bâtiments.

On conçoit, notamment, que les dispositifs de réception par cohérences ne pouvaient permettre d'aborder la solution du problème. Ils comportent, en effet, toute une série d'organes mécaniques et électriques (relais, frappeur), dont l'inertie entraîne un temps perdu d'un ordre de grandeur comparable à celui des intervalles de temps qu'il s'agit d'évaluer.

L'introduction dans la technique des divers détecteurs au son (magnétique, électrolytique) et l'accroissement considérable des portées qui résultent de leur adoption permettent d'envisager la possibilité d'une solution pratique.

Cette solution demeurait toutefois subordonnée à l'existence d'une station capable de transmettre des signaux dans un rayon suffisant. Au cours des expériences entreprises par la Commission centrale de la marine en novembre 1907, il apparut, entre autres résultats, que nos bâtiments recevaient, avec une régularité parfaite, les signaux émis par la tour Eiffel dans tout le bassin occidental de la Méditerranée et sur le littoral atlantique du Maroc. Je songeais dès lors à procéder à une série d'essais méthodiques pour rechercher dans quelles conditions on pourrait utiliser le poste de la tour Eiffel à la transmission d'un signal horaire. Grâce à la collaboration du commandant Ferrié, il fut possible d'exécuter les essais entre la tour Eiffel et Brest dans le cours du mois de décembre 1907.

Ces essais consistaient à obtenir, à l'aide de « tops » ou signaux brefs envoyés par le poste de la tour et recueillis par un récepteur approprié, la comparaison de chronomètres de marches connues placés dans chacune des stations.

On s'efforçait de se rapprocher le plus possible des conditions susceptibles d'être réalisées dans la pratique courante. L'un des postes choisis à Brest était un bâtiment mouillé sur rade, et l'antenne réceptrice utilisée était un simple conducteur filiforme tendu horizontalement à une vingtaine de mètres au-dessus du pont, disposition susceptible d'être aisément reproduite à bord de n'importe quel bâtiment de commerce.

Les observations fournissaient une valeur de l'état absolu de notre chronomètre, état absolu qui pouvait être obtenu d'autre part par comparaison avec la pendule de l'Observatoire de la marine.

Les valeurs très concordantes fournies par la T. S. F. coïncidaient à moins de 0,5 près avec la valeur donnée par comparaison à la pendule.

Si l'on observe que quatre secondes de temps représentent

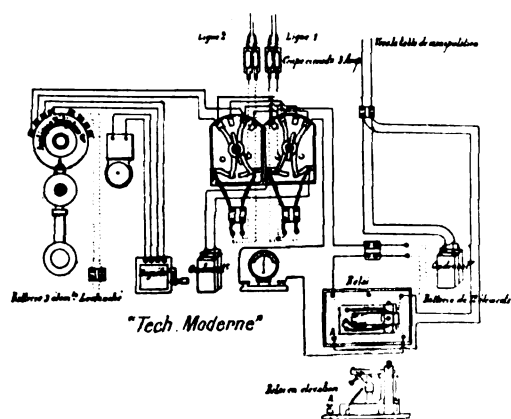


Fig. 17.

1 mille d'équateur, on voit que l'approximation obtenue est amplement suffisante pour permettre aux bâtiments munis du dispositif récepteur d'atterrir en toute sécurité sur un état absolu fourni par des observations radiotélégraphiques.

À la suite de ces expériences, j'ai eu l'honneur de saisir le Bureau des longitudes d'une proposition tendant à l'installation d'un service journalier de signaux horaires à la tour Eiffel. Saisi de la proposition, le Bureau des longitudes en confia l'étude à l'un de ses membres, le commandant Guyou, qui montra que la réalisation immédiate était possible, et aussitôt les crédits nécessaires obtenus, procéda à l'installation avec le concours de l'Observatoire de Paris et du service radiotélégraphique de la tour Eiffel. Ce service de signaux horaires fonctionne régulièrement depuis le 23 mai 1910.

Le signal consiste en une émission brève envoyée à minuit *temps moyen de Paris*, et précédée d'un signal d'avertissement. Il est répété dans les mêmes conditions à minuit 2 minutes et minuit 4 minutes, les signaux d'avertissement étant bien différenciés, de manière à rendre toute confusion impossible (1).

Le signal horaire est bien émis par le poste de la tour, mais l'émission en est commandée de l'Observatoire même à l'aide d'une ligne qui actionne un relais. La figure 17 montre le relais et le téléphone du poste de la station radiotélégraphique de la Tour Eiffel en relation avec l'Observatoire de Paris.

Tandis que le signal d'avertissement s'envoie en manipulant à la main avec une clef Morse, l'envoi du signal bref qui constitue le « top » final de chaque série est commandé automatiquement par une pendule.

Pour produire une émission au poste de la tour, il s'agit de fermer, puis de couper un courant d'une cinquantaine d'ampères au moyen d'un manipulateur actionné par un relais commandé de l'Observatoire. Le commandant Ferrié a résolu le problème d'une manière ingénieuse en transformant un interrupteur-turbine à jet de mercure en manipulateur (fig. 18).

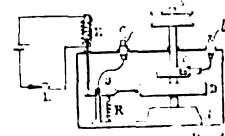


Fig. 18.

Une petite turbine envoie du mercure sous pression dans un ajutage qui peut basculer autour d'un axe horizontal *o*. Sous l'action du ressort antagoniste *R*, cet ajutage se trouve dirigé normalement vers le bas et le jet de mercure vient frapper la partie fixe *N* de la turbine.

Mais si l'on envoie un courant relativement faible dans la bobine *E* (en fermant la clef *K*, par exemple), cette bobine attire un noyau plongeur qui fait basculer l'ajutage : le jet de mercure vient frapper une couronne en cuivre amalgamé *D* qui se trouve clavetée sur l'axe de la turbine et est entraînée dans son mouvement de rotation. Le circuit principal se trouve alors fermé par le jet de mercure. Lorsque l'on ouvre la clef *K*, le noyau retombe et le circuit est rompu sans production d'arc. D'ailleurs, pour que la rupture soit plus brusque, on a soin de la faire se produire dans un liquide diélectrique en remplissant la turbine de pétrole ou d'alcool.

RÉCEPTION DES SIGNAUX HORAIRE. — Pour recevoir ces signaux horaires, il suffit évidemment de se servir d'un récepteur radiotélégraphique quelconque, et les bâtiments qui possèdent une installation complète de T. S. F. sont à même de les utiliser immédiatement.

Toutefois, ce n'est pas tant à cette catégorie de bâtiments — bâtiments de guerre ou grands paquebots — que les signaux horaires doivent rendre service, qu'aux nombreux bâtiments de commerce plus modestes qui ne peuvent s'offrir le luxe de coûteuses installations.

C'est à cette dernière catégorie de bâtiments que nous songions lorsque nous propositions, au Bureau des longitudes, l'établissement d'un service quotidien de signaux, et les essais que nous avons rappelés n'avaient pas tant pour objet d'établir la possibilité de l'envoi d'un signal horaire, possibilité qui *a priori* n'était guère douteuse, que de rechercher les conditions pratiques de la réception d'un tel signal à bord d'un bâtiment de charge livré à ses seules ressources. C'est dans ces idées que nous avons étudié, et établi avec la collaboration de M. F. Pellin, un modèle de récepteur radiotélégraphique de maniement assez simple pour pou-

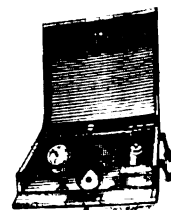


Fig. 19.

(1) Depuis le 21 novembre 1910, l'envoi du signal horaire est fait également à 11 heures du matin dans les mêmes conditions qu'à minuit, c'est-à-dire à 11 h., 11 h. 2 m. et 11 h. 4 m.

voir être confié à n'importe quel caboteur et de prix assez modique pour pouvoir suppléer avec avantage à l'achat d'un chronomètre coûteux.

L'appareil (fig. 19) se compose essentiellement d'un détecteur sensible d'oscillations électriques et d'un dispositif d'accord qui permet de l'utiliser immédiatement avec une antenne quelconque. Comme il s'agit en l'espèce de recevoir, non toute une gamme d'ondes de longueurs différentes, mais des ondes de longueur déterminée et toujours la même, — ce sont en effet en principe des ondes émises par la tour Eiffel, — le dispositif d'accord a pu être notablement simplifié.

Il se compose d'un résonateur Oudin de forme rectangulaire, dont le secondaire est fixe et constitue, avec un condensateur C (fig 20) également invariable, un circuit de résonance qui a reçu une fois pour toutes une période de vibration égale à celle des ondes émises par la tour Eiffel.

Le détecteur D qui est intercalé dans ce circuit secondaire, et aux bornes duquel est disposé en dérivation le téléphone, est un

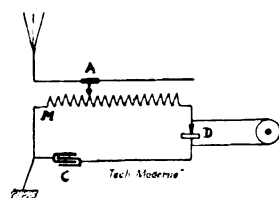


FIG. 20.

détecteur à contacts solides ⁽¹⁾. L'emploi d'un pareil détecteur apporte une grande simplification au montage par la suppression de toute source auxiliaire, c'est-à-dire de la pile et du réducteur de potentiel qu'exigent en général les récepteurs de T. S. F.

Le primaire du résonateur, qui est intercalé entre l'antenne et la terre, est constitué par les spires du solénoïde comprises entre le curseur A et la borne M.

Pour régler l'appareil en vue de la réception des signaux de la tour Eiffel, l'opération est des plus simples : elle consiste à déplacer le curseur primaire mobile A le long du solénoïde jusqu'à ce qu'on entende au téléphone le son le plus fort.

L'adoption d'un circuit de résonance fermé comme circuit secondaire rend les effets sélectifs très marqués et permet l'élimination complète des signaux parasites ⁽¹⁾.

L'appareil peut, bien entendu, être utilisé avec un chronomètre ou un compteur quelconque. Mais, il est clair, comme nous le disions plus haut, qu'il ne présente de réel intérêt que s'il dispense d'avoir recours à un chronomètre.

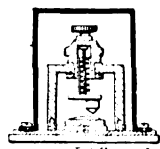


FIG. 21.

Comme les signaux horaires permettent d'obtenir avec précision toutes les vingt-quatre heures l'heure de Paris, il doit suffire à un bâtiment muni de l'appareil récepteur radio-télégraphique de posséder une bonne montre pour atterrir en toute sécurité.

On a donc adjoint à l'appareil récepteur, afin qu'il se suffise à lui-même, un bon chronographe qui facilite l'observation des comparaisons et peut être utilisé comme garde-temps journalier.

Avec les installations actuelles de la station de la tour Eiffel, la réception des signaux horaires radio-télégraphiques peut être considérée comme assurée dans un rayon de 2.000 km., et cette portée se trouvera notablement accrue lorsque le nouveau poste puissant de la tour entrera en fonction.

Ce n'est pas d'ailleurs aux navigateurs seuls que ces signaux sont destinés à rendre service.

(1) Ce détecteur (fig. 21) qui est du type « rectifiant » se compose d'une électrode fixe, constituée par un morceau de sulfure de cuivre (ou de galène) encastré dans un godet de laiton, sur lequel est appuyée, par la pression d'un ressort, l'électrode mobile dont le mouvement est guidé par un piston. L'électrode mobile est constituée par un fragment d'oxyde de zinc fondu enchâssé dans un culot métallique à l'aide d'alliage de d'Arcet ou par un simple fil métallique. Le détecteur est protégé par un étui cylindrique de laiton. Cet étui, qui est emmanché à baïonnette sur le socle et que l'on doit enlever pour procéder au réglage du détecteur lors de la mise en service, peut tourner autour de son axe d'un angle de 30° dans un sens ou dans l'autre afin de mettre les électrodes en court-circuit.

Nombre de centres éloignés d'un observatoire, nombre d'administrations (les chemins de fer, notamment) ont besoin de connaître l'heure exacte : les signaux horaires radio-télégraphiques fournissent la solution la plus économique.

LA DÉTERMINATION PRÉCISE DES DIFFÉRENCES DE LONGITUDES.

— Si l'observation d'un « top » unique suffit à fournir un signal horaire et à donner la solution du problème des longitudes en mer, il est clair qu'elle serait tout à fait insuffisante pour fixer la valeur précise d'une différence de longitudes.

Ce n'est plus alors, en effet, avec une approximation de 0,5 qu'il s'agit de connaître l'heure du méridien origine, mais avec une approximation de quelques centièmes de seconde.

Là encore, la télégraphie sans fil a fourni une solution élégante du problème, et c'est en apportant une modification judicieuse au procédé d'envoi des signaux horaires que l'on a obtenu le résultat voulu.

Cette modification a consisté à substituer à l'émission unique une série d'émissions périodiques commandées par un pendule, de manière à pouvoir faire usage de la méthode des coïncidences. Le pendule qui commande les émissions est un pendule Lippmann à entretien électromagnétique que M. Claude a adapté d'une manière fort ingénieuse à l'objet en vue (fig. 22).

Le dispositif de commande du relais est constitué par deux cercles *a* et *b* en fils d'argent qui sont respectivement fixés à deux supports *m* et *n*, et sont intercalés dans le circuit qui comprend la pile *P* et le relais *R*. Une petite pièce métallique *K* (en argent) portée par le pendule vient fermer le circuit au moment où il passe par la verticale. Le contact se produit pendant une durée assez longue pour assurer la sécurité du fonctionnement du relais *R* ; cette durée peut d'ailleurs être réglée à l'aide de vis micrométriques qui permettent de déplacer les supports *m* et *n*. D'autre part, les cercles en fils d'argent *a* et *b* constituent des ressorts extrêmement doux, dont l'élasticité n'apporte aucun trouble au mouvement du pendule.

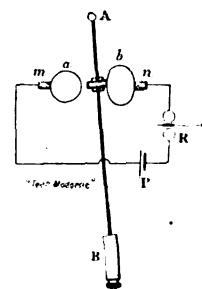


FIG. 22.

A chaque battement du pendule, le relais est actionné et ferme le circuit du manipulateur à turbine, de sorte qu'il se produit une étincelle et une seule. Aux battements successifs correspondent ainsi une série d'étincelles périodiques qui se traduisent dans le téléphone d'un récepteur de T. S. F. par des signaux brefs qui se succèdent avec le même rythme.

Il est dès lors facile de comparer entre elles deux pendules placées en deux stations quelconques A et B, en se servant comme intermédiaire du pendule d'une troisième station C. Pour pouvoir appliquer la méthode des coïncidences, on règle la longueur du pendule de la station C, de manière à ce que la durée d'une oscillation soit légèrement supérieure à la durée des battements des pendules à comparer.

De l'observation des coïncidences obtenues dans les deux stations A et B, on déduit aisément l'heure précise que marque l'une des pendules par rapport à l'autre.

Un artifice très simple permet de signaler l'origine des battements : il consiste à ouvrir pendant un instant le circuit du relais, que commande le pendule, à des intervalles allant chaque fois en croissant ou décroissant d'un même nombre de battements, soit de dix battements, par exemple.

Grâce à l'initiative du Bureau des longitudes et au concours de l'Observatoire de Montsouris et du service radiotélégraphique de la tour Eiffel, la méthode a pu être récemment soumise au

(1) La disposition adoptée a en même temps pour effet de spécialiser le récepteur à signaux horaires en le rendant incapable de recevoir d'autres signaux que ceux qui sont émis par la tour Eiffel, ce qui évite toute chance de confusion.

contrôle de l'expérience et utilisée à la détermination de la différence de longitudes Paris-Brest (juillet 1910) (1).

La station où se trouve installé le pendule étant la tour Eiffel, on avait choisi pour les deux stations A et B, l'Observatoire de Montsouris et le poste de T. S. F. du Parc-au-Duc, à Brest. Les observations étaient faites à Montsouris par MM. Claude et Driencourt, à Brest par MM. Perret et Tissot.

Pour prendre les comparaisons radiotélégraphiques, on se servait d'une méthode microphonique tout à fait analogue à celle qui a été appliquée en 1905 et 1906 par l'Observatoire de Montsouris à la détermination des longitudes par le téléphone.

Elle consiste, en principe, à superposer dans un même récepteur téléphonique les battements des deux instruments, pendules ou chronomètres, que l'on veut comparer, en transmettant directement le bruit même des battements à l'aide d'un microphone introduit dans la boîte de l'instrument.

Dans le cas présent, les battements du pendule étant transmis par T. S. F. et reçus « au son », le dispositif ne comporte en principe qu'un seul microphone, celui du chronomètre local.

Les figures 23 et 24 montrent la disposition du poste microphonique installé au Parc-au-Duc par MM. Perret et Tissot pour la réception des battements et l'observation des coïncidences.

Le microphone du chronomètre local est intercalé dans le circuit primaire d'une bobine d'induction dont le secondaire est disposé en dérivation sur le téléphone du récepteur de T. S. F. Ce récepteur était en l'espèce le récepteur à signaux horaires décrit ci-dessus, récepteur qui est

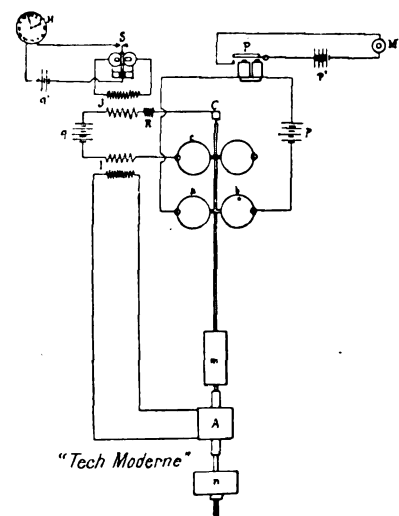


FIG. 23.

muni du détecteur à contacts solides à sulfure de cuivre.

Des résistances réglables sont intercalées dans le circuit primaire (circuit du microphone) et dans le circuit secondaire (circuit du récepteur téléphonique), afin de pouvoir égaliser les

(1) Des expériences préliminaires de mise au point et de vérification du dispositif d'émission des battements avaient été effectuées en janvier 1910. Les présentes expériences se sont trouvées retardées par l'inondation, qui avait rendu indisponible le poste de la tour.

intensités des battements transmis par le microphone local et par T. S. F.

L'objet des expériences était en fait, non de déterminer la valeur d'une différence de longitudes surabondamment connue *a priori*, mais de contrôler la méthode radiotélégraphique en comparant deux chronomètres (l'un *temps moyen*, l'autre *temps sidéral*) placés, l'un à Paris, l'autre à Brest, d'une part par le téléphone, d'autre part par l'intermédiaire des battements du pendule de la tour transmis par T. S. F.

Ce contrôle a été aussi satisfaisant que possible : les deux comparaisons, téléphonique et radiotélégraphique, n'ont montré aucune différence ; l'écart, s'il y en a un, est certainement inférieur à 0,01. La radiotélégraphie fournit donc un procédé sûr et commode de détermination des différences de longitudes, procédé d'autant plus intéressant qu'il peut être appliqué *simultanément* en plusieurs couples différents de stations.

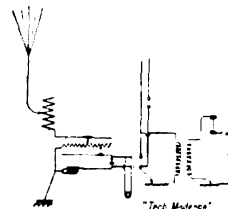


FIG. 24.

Les applications que nous venons de passer en revue montrent quels services la T. S. F. est en mesure de rendre à la navigation.

Déjà, les signaux horaires de la tour Eiffel permettent aux navigateurs de régler leurs chronomètres dans une région étendue de l'Atlantique, ainsi que dans tout le bassin de la Méditerranée.

On peut prévoir l'extension progressive de ce service de signaux horaires radiotélégraphiques aux différentes mers du globe.

Il est permis de prévoir également que, dans un avenir prochain, les postes puissants transmettront aux navigateurs, en même temps que l'heure du méridien origine, des indications météorologiques capables de leur servir de guides.

Nous avons vu que c'est aussi la T. S. F. qui paraît destinée à assurer la sécurité de la navigation en temps de brume.

Dès à présent, des appareils ingénieux permettent de prendre des relèvements *hertziens* à quelques degrés près.

Ce n'est encore, il est vrai, qu'à des distances relativement faibles. Mais, sans doute est-il permis d'espérer que c'est à 200 ou 300 milles des côtes que l'on arrivera à déterminer *au degré* le gisement d'un poste de T. S. F. émettant des ondes.

Les méthodes de navigation se trouveront alors singulièrement simplifiées.

C. TISSOT.

CONFÉRENCES DE « LA TECHNIQUE MODERNE »

LES MOTEURS A COMBUSTIBLES LIQUIDES

MOTEURS D'AUTOMOBILES ET D'AVIATION — MOTEURS INDUSTRIELS ET MARINS

CONFÉRENCE FAITE LE VENDREDI 23 DÉCEMBRE 1910

Par M. Léon LETOMBE

Chargé du cours de Machines thermiques à l'École Centrale des Arts et Manufactures.

*Sous la présidence de M. LECORNU, Membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines,
Professeur à l'École Polytechnique et à l'École Nationale Supérieure des Mines.*

En lisant le titre de cette conférence, vous avez dû penser que le sujet choisi était bien vaste, aussi vous préviendrai-je de suite que mon intention n'est pas de vous donner de longues descriptions de machines. Je ferai œuvre plus utile en vous présentant une étude d'ensemble, au cours de laquelle il me sera plus facile d'établir des comparaisons intéressantes entre les différents systèmes de moteurs.

Je m'efforcerai de faire ressortir l'excellence de certains dispositifs et les défauts de certains autres. Si en effet les compliments encouragent, ce sont surtout les critiques qui provoquent les progrès nouveaux.

C'est rendre service aux industriels et aux inventeurs que de montrer les choses telles qu'elles sont.

LES COMBUSTIBLES LIQUIDES. — Parmi tous les combustibles susceptibles d'être employés pour l'alimentation des machines thermiques, c'est-à-dire des machines dont la fonction est de transformer la chaleur en travail, les combustibles liquides se révèlent comme étant à tous points de vue des combustibles de choix. Facilement emmagasinables, on peut les faire circuler dans des canalisations de longueurs quelconques : il suffit d'ouvrir un robinet pour s'en servir, etc.

Depuis longtemps déjà, dans les pays où le pétrole est bon marché, on se sert de ce combustible pour chauffer les chaudières. Dans la marine, lorsque le ravitaillement peut être assuré, le système est particulièrement bien apprécié, car il permet, entre autres avantages, la réduction du personnel des chaufferies.

Mais en dehors de ces avantages, les combustibles liquides ont surtout la précieuse qualité de pouvoir brûler sans laisser aucun résidu. Il suffit pour cela de mélanger leur vapeur avec une proportion convenable d'air. Ils sont en résumé des combustibles sans scories.

C'est cette dernière propriété si précieuse qui rend les combustibles liquides particulièrement aptes à l'alimentation des moteurs à combustion interne.

Les résultats obtenus avec ces dernières machines sont déjà si probants, qu'on commence à ne plus comprendre pourquoi on passe encore, pour la production de la force motrice, par l'intermédiaire de la chaudière dont le rendement propre, relativement peu élevé, est une cause fort importante d'abaissement du rendement total des installations.

D'autre part, les moteurs à combustion ont, par eux-mêmes, un rendement beaucoup plus élevé que celui des machines à vapeur ou des turbines les plus perfectionnées.

En France, où les combustibles liquides sont chers, on ne peut les utiliser que dans des cas spéciaux, mais ces cas sont particulièrement intéressants.

Si, pour une installation de force motrice, on n'a en vue que la sécurité de marche, on donnera la préférence à la vapeur ; si l'on recherche la force motrice au plus bas prix, on aura recours aux moteurs à gaz pauvre (et pour certaines applications à la navigation, ce dernier procédé mérite d'être sérieusement étudié). Mais il est bien des cas où, le prix de revient n'étant pas le principal facteur à considérer, on tient à n'avoir pour les machines que des encombrements réduits et de faibles poids. Dans ce cas, les machines à vapeur et les moteurs à gaz pauvre ne peuvent guère être employés : c'est ce qui se présente pour l'automobile, l'aviation et souvent aussi pour la navigation.

Les principaux combustibles liquides employés industriellement sont :

Le pétrole brut et ses dérivés, obtenus par distillation fractionnée, comme les essences légères pesant 680 gr. le litre et le pétrole lampant pesant 800 gr. Les parties les plus lourdes du pétrole constituent des huiles de graissage pesant 830 gr. Il faut remarquer que ces dernières sont combustibles dans une enceinte à haute température.

Les essences et le pétrole lampant sont surtout employés dans les moteurs à explosion. Le pétrole brut trouve son emploi dans les moteurs à combustion, mais il pourrait l'être aussi dans certains moteurs à explosion.

On commence de plus à utiliser les huiles de schistes et les huiles de goudron, sous-produits de la fabrication moderne du coke métallurgique.

Cette dernière fabrication permet encore de recueillir des benzols, liquides presque aussi volatils que l'essence de pétrole, tout en ayant une densité notablement plus élevée.

L'alcool, qui est un combustible fabriqué, a déjà donné de bons résultats pour l'alimentation des moteurs, mais il pourrait en donner de bien plus intéressants si on étudiait des machines en vue de son emploi et surtout si son prix pouvait être diminué et fixé.

Le pétrole contient en moyenne 85 % de carbone et 15 % d'hydrogène. Les produits de la combustion dans l'air sont exclusivement composés de vapeur d'eau et d'acide carbonique. Son pouvoir calorifique supérieur est de 11 000 calories ; il brûle dans quinze fois son poids d'air. En tenant compte des contractions après combustion des calories emportées à l'échappement par la vapeur d'eau produite, on peut considérer que le volume du mélange tonnant, sans excès d'oxygène, obtenu avec de l'air et des vapeurs de pétrole, peut dégager 750 calories par mètre cube mesurés à 0° et 760 mm.

Le benzol a un pouvoir calorifique un peu moins grand au kilogramme que l'essence, mais comme il pèse plus lourd, on a avantage à l'employer, car ces combustibles se vendent au litre. Le benzol est presque du carbone liquide : il ne contient en effet que 7,7 d'hydrogène. Le maximum du pouvoir calorifique du mélange de vapeur de benzol avec l'air est de 800 calories.

L'alcool ne contient guère que 44 % de carbone et 11 % d'hydrogène, le reste est de l'eau de composition. Le pouvoir calorifique du litre n'est que de 4 500 calories, mais, chose remarquable, le maximum du pouvoir calorifique du mélange de ses vapeurs avec l'air peut atteindre 835 calories. Si donc le prix de l'alcool pouvait baisser, ce produit deviendrait un excellent combustible pour moteur.

CLASSIFICATION DES MOTEURS A COMBUSTIBLES LIQUIDES. — Les moteurs à combustibles liquides se divisent en deux grandes classes principales :

Les moteurs à explosion et les moteurs dits à combustion. Mais on peut réaliser aussi des moteurs à cycles mixtes.

Chacune de ces classes de moteurs se subdivise en moteurs à 4 temps et en moteurs à 2 temps.

Jusqu'ici, les moteurs à combustion sont restés essentiellement des moteurs à combustibles liquides.

Pour faire brûler les combustibles dans les moteurs, il suffit de les amener à l'état de vapeur en mélange avec une proportion convenable d'air comburant ; ce mélange étant fait, le moteur à combustible liquide se comporte comme un moteur à gaz. Pour l'étude théorique des machines, il n'y a donc pas lieu de faire de différence entre les moteurs à gaz et les moteurs à combustible liquide.

GAZÉIFICATION DES COMBUSTIBLES LIQUIDES. — Au point de vue des applications, ce qu'il y a lieu de rechercher d'abord, c'est comment on arrive à la gazéification du liquide.

Pour les essences et les benzols, rien n'est plus facile. La température ambiante suffit en été pour obtenir une sorte de vaporisation instantanée dans l'air comburant aspiré par les cylindres. L'hiver, les carburateurs sont réchauffés soit par une dérivation des gaz d'échappement, soit par une partie de l'eau qui circule autour des cylindres.

Le principe des carburateurs est extrêmement simple, mais leur réglage est souvent délicat. Sous les aspirations des moteurs, ces appareils lancent un jet liquide dans les conduits d'aspiration d'air. On conçoit qu'il soit difficile dans ces conditions d'obtenir un mélange bien homogène, en raison de la différence de densité des deux corps à mélanger. Le mélange ne s'achève en réalité que dans les cylindres.

Quand le carburateur n'alimente qu'un seul cylindre, le mal n'est pas grand, mais lorsqu'on a à servir, comme c'est le cas le plus souvent, plusieurs cylindres en même temps, on constate, en examinant les diagrammes au manographe, que la répartition du combustible entre eux varie constamment, même sous charge constante. Pour un nombre de tours déterminé, on arrive cepen-

dant à un réglage assez satisfaisant, grâce à la propriété particulière de l'essence de pétrole de pouvoir se trouver en notable excès dans les mélanges sans nuire au maximum de puissance du moteur. Il en brûle jusqu'à complète absorption de l'oxygène de l'air introduit dans les cylindres. Ce n'est pas avantageux au point de vue des consommations, mais heureux pour le fonctionnement. Mais en dehors de la vitesse de régime et de la charge normale, les diagrammes sont toujours très déformés.

Le réglage de la vitesse des moteurs se faisant exclusivement par l'étranglement du mélange en formation, il résulte de cette pratique une nouvelle cause de troubles dans le fonctionnement des carburateurs.

Si donc les moteurs d'automobile peuvent être considérés actuellement comme donnant toute satisfaction au point de vue du fonctionnement, ils n'en restent pas moins perfectibles, en ce qui concerne le mode d'alimentation.

CONSUMMATIONS COMPARÉES DES MOTEURS. — Les moteurs à essence, même bien réglés, consomment rarement moins de 350 grammes par cheval-heure effectif, ce qui, à 11 000 calories par kilogramme, représente 3 850 calories. Or, avec les moteurs à gaz, on est descendu à 2 500 et même à 2 300 calories et avec les moteurs à combustion à moins de 2 000.

Avec le benzol, les progrès à accomplir sont encore plus sensibles, car on consomme dans les moteurs, malgré l'avantage de la densité, à peu près autant en volume de ce produit que d'essence. Les consommations, toutes choses égales d'ailleurs, devraient pourtant être proportionnelles au pouvoir calorifique des combustibles.

Ces consommations relativement élevées sont dues en partie à ce qu'avec les mélanges riches en hydrocarbure, on ne peut recourir qu'à des compressions assez faibles, sous peine d'avoir des détonations brisantes et des allumages prématurés très préjudiciables à la bonne conservation des organes. D'autre part, on ne peut guère diluer les mélanges dans un excès d'air, car on a alors des combustions incomplètes.

J'ai démontré que le rendement d'un moteur à explosion, dont le volume de détente est limité au volume d'aspiration, peut s'exprimer par la formule :

$$\rho = 1 - \frac{n_1}{n_1 \gamma}$$

dans laquelle n_1 est le volume du cylindre exprimé en fonction de volume de la chambre de compression prise pour unité, γ le rapport des chaleurs spécifiques à pression constante et à volume constant (rapport toujours plus grand que 1) et n_1 la valeur de la compression adiabatique à fin de course de piston. Il est évident que quand n_1 augmente, $n_1 \gamma$ augmentant beaucoup plus vite que n_1 , ρ augmente. Autrement dit, avec le cycle considéré, le rendement augmente avec la compression.

Or, avec le pétrole dit « lampant » comme combustible, on ne dépasse guère, dans les moteurs ordinaires à explosion, quatre à cinq atmosphères de compression, tandis qu'avec le gaz pauvre on peut atteindre sans inconvénient treize atmosphères. Ce rapprochement suffit à expliquer le rendement faible de beaucoup de moteurs à pétrole.

Mais pour le travail effectif, le seul intéressant à considérer pour les applications, il n'y a pas que le rendement thermique qui intervienne ; il y a lieu de tenir compte aussi du rendement mécanique.

Il faut en particulier que les cylindres ne s'échauffent pas trop, sans quoi les huiles de graissage seraient décomposées. Cet abaissement nécessaire de la température est obtenu en général par une circulation d'eau. J'ai démontré que, pour des moteurs fixes bien réglés et marchant dans des conditions de détente n'élevant pas trop la température de l'échappement, la chaleur recueillie à travers la paroi du cylindre ne constitue pas une

(1) Cet effet se produit du reste déjà, quoique à un degré moindre, avec les moteurs à gaz à plusieurs cylindres à alimentation unique.

perle au vrai sens du mot. Cela tient, d'une part, à l'épaisseur des parois qui ne permet qu'une transmission lente de la chaleur vers l'extérieur et, d'autre part, à l'alternance rapide des échauffements et des refroidissements par détente des gaz contenus dans les cylindres. Ce n'est, en somme, que pendant la période d'échappement que les parois des cylindres peuvent librement céder de la chaleur à la circulation d'eau. Depuis l'explosion jusqu'à la fin de la détente, l'influence de la paroi ne se manifeste que par une sorte de décalage dans l'apport de chaleur.

MOTEURS D'AUTOMOBILES. — Dans les moteurs d'automobiles, il faut tenir les enveloppes à température plus élevée, car les parois des cylindres sont plus minces, mais pas autant qu'on pourrait le croire, *a priori*, en raison du grand nombre de tours par minute de ces machines. Nous reviendrons sur cette question à propos des moteurs d'aviation.

La construction des moteurs d'automobiles est trop connue pour s'y arrêter longuement. Je signalerai seulement que les soupapes placées latéralement aux cylindres, dispositif si commode pour les commandes, peut contribuer à augmenter les consommations en raison des combustions incomplètes qui peuvent se produire dans les chambres d'explosion comportant des conduits rétrécis, surtout lorsque les mélanges ne sont pas très homogènes¹⁾.

Il serait préférable, à ce point de vue, de placer les soupapes dans les fonds, mais les formes auxquelles on arrive ainsi sont moins élégantes. Dans tous les cas, pourvu qu'on réalise des chambres sans recoin, peu importe que la forme soit rigoureusement cylindrique ou hémisphérique.

Pour faire des observations utiles au point de vue de la puissance et des consommations des moteurs, je rappellerai qu'il est indispensable de n'observer que le travail « indiqué » des machines et non le travail « effectif » qui peut être influencé par un grand nombre de causes étrangères; de plus, en évaluant les consommations, il ne faut pas non plus oublier de compter l'huile de graissage qui intervient souvent comme combustible, sans qu'on s'en doute, dans les moteurs qui marchent à allure trop chaude. Il faut enfin procéder à des analyses des gaz d'échappement pour être certain qu'il n'y a pas eu des non-combustions et annuler tous les essais qui ne correspondraient pas à des relevés de diagrammes corrects.

MOTEURS SANS SOUPAPES. — Comme organes de distribution, on emploie surtout les soupapes, mais depuis quelque temps des efforts sont faits pour substituer à ces organes des distributeurs cylindriques.

Les partisans des tiroirs reprochent aux soupapes d'avoir des commandes bruyantes et de se briser. Or, lorsque les tracés des cames sont convenables et les commandes bien étudiées, les distributions ne font guère de bruit. Quant aux ruptures, avec l'emploi des aciers au nickel, elles sont rares, même lorsque le moteur étant mal réglé les soupapes d'échappement rougissent. La soupape à simple siège est au contraire un organe admirable, donnant une étanchéité parfaite, sans graissage, facile à roder et même plus facile à remplacer qu'aucun autre distributeur en cas d'avarie. On critique aussi l'emploi des ressorts de rappel; on en fait aujourd'hui d'excellents qui cassent bien rarement et qui sont eux aussi bien faciles à remplacer.

Le principal avantage de certains dispositifs à tiroirs est de

donner une distribution absolument silencieuse et un aspect de simplicité extérieure qui séduit. Mais, comme nous le verrons dans un instant, cette simplicité n'est souvent qu'apparente.

C'est ainsi que le moteur Knight, qui a reçu déjà de nombreuses applications, a comme distributeurs deux fourreaux concentriques interposés entre le piston et le cylindre. Ces fourreaux sont animés chacun d'un mouvement alternatif obtenu par la commande de petits excentriques calés sur un arbre à demi-vitesse. Ces fourreaux se prolongent jusque dans un espace annulaire pratiqué dans la culasse, et l'étanchéité est obtenue par des cercles qui entourent une saillie de la culasse en forme de piston. Au moment où l'explosion se produit, toute communication avec l'extérieur est coupée : ceci est excellent. Pour assurer la distribution, les deux fourreaux découvrent successivement par leur mouvement relatif des lumières pour l'échappement et pour l'admission.

Ces fourreaux et leur commande sont évidemment plus coûteux à établir que des soupapes et un arbre à cames. Mais à cause des formes des chambres, formes absolument cylindriques, ce dispositif doit donner des combustions très complètes. D'autre part, quelle que soit la vitesse du moteur, la distribution ne fait pas de bruit. On peut donc atteindre ainsi de plus grandes vitesses qu'avec un moteur à soupapes. Il en résulte qu'à cylindrées égales, un moteur sans soupape peut faire plus de puissance, puisque la puissance est proportionnelle au nombre de tours, et même peut-être, dépenser un peu moins qu'un moteur à soupapes latérales, au moins au cheval indiqué; mais on ne peut considérer cette solution comme définitivement satisfaisante parce que le piston est mal refroidi, qu'il faut graisser abondamment des surfaces très étendues et que si le graissage vient à faire défaut, il en résulte des avaries, auprès desquelles le bris d'une soupape n'est rien.

Dans ces derniers temps, on a trouvé d'autres dispositifs de moteurs sans soupape fort curieux. C'est ainsi que la maison Rolland-Pilain a réalisé une distribution avec un seul fourreau garni de cercles comme un piston. Dans le moteur Knight, cette dernière précaution n'est pas nécessaire, car, au moment de l'explosion, les fourreaux sont protégés par le joint de la culasse. Ici, par suite de la double fonction du fourreau pour l'admission et l'échappement, le creux des lumières reste dans l'alésage, et il faut nécessairement rendre les fourreaux étanches par leur face extérieure. Le double mouvement est obtenu d'une façon très ingénieuse par deux excentriques, dont l'un est calé sur l'arbre principal et l'autre sur l'arbre à demi-vitesse. Un levier reliant ces deux excentriques reçoit successivement deux mouvements alternatifs à des hauteurs différentes qui permettent de découvrir par exemple des lumières d'admission en descendant et des lumières d'échappement en montant.

La solution de M. Henriod est également intéressante. M. Henriod se sert d'une sorte de distributeur tournant animé d'un mouvement continu à demi-vitesse, découvrant successivement les arrivées d'admission et les arrivées d'échappement. La lumière de communication avec le cylindre, fait particulier, se trouve couverte par le piston au moment où l'explosion se produit. Le piston est donc bien refroidi par la paroi du cylindre comme dans les moteurs ordinaires et l'avantage de la chambre d'explosion cylindrique est obtenu. Mais on a ici d'autres inconvénients : d'abord, pour ne pas découvrir la lumière de l'obturateur trop vite et ne pas le soumettre à une trop grande pression, on est obligé de couper cette lumière par le piston assez tôt; il en résulte qu'on emprisonne dans le cylindre un volume de gaz brûlé qui est relativement considérable et qui tient la place d'un volume de gaz frais, ce qui diminue d'autant le maximum de puissance du moteur. L'obturateur, d'autre part, bien que soumis à des pressions moins élevées que celles de

¹⁾ M. Letombe montre à ce moment, par une expérience directe, qu'il ne suffit pas qu'un mélange tonnant soit inflammable par l'étincelle électrique, pour qu'une onde explosive se propage dans toute la masse, même si la richesse du mélange va en croissant à partir du point d'allumage.

l'explosion, n'en est pas moins un organe difficile à conserver étanche et qu'il faut graisser convenablement.

Je citerai encore l'exemple du moteur Mustad, dans lequel la distribution se fait par deux demi-fourreaux juxtaposés suivant deux génératrices à 180°, de façon à ne former qu'un seul fourreau. Chacune des coquilles est commandée séparément par un excentrique. Au point de vue de l'étanchéité, cette solution ne semble pas un avantage sur les précédentes.

C'est encore le système de distribution de M. Broc qui paraît le plus séduisant pour la réalisation d'un moteur sans soupapes. Par un mécanisme très ingénieux, le piston est animé d'un mouvement louvoyant pendant lequel un orifice percé dans son fond est mis successivement en relation, par deux rainures obliques, avec le conduit d'admission et avec le conduit d'échappement.

La fermeture de l'orifice du piston est obtenue par une surface plane et les pièces portent l'une sur l'autre à la façon d'une soupape à très large siège plat. Si à l'usage cette partie du moteur ne présente pas de difficultés de graissage et garde son étanchéité, et, si d'autre part les cercles de piston ne souffrent pas du mouvement louvoyant, la solution aura une réelle valeur.

Il n'y a pas lieu de trop s'étonner que les moteurs sans soupapes donnent lieu à des difficultés de réalisation, car il ne faut pas oublier que les soupapes ont été précisément inventées autrefois pour remplacer les tiroirs, premiers organes de distribution des moteurs à gaz.

MOTEURS A DEUX TEMPS. — Mais le moteur sans soupape qu'on donne actuellement comme une nouveauté a été réalisé depuis longtemps avec les dispositifs à deux temps. Dans ces systèmes de moteurs, si séduisants *a priori*, on s'est contenté d'abord d'aspirer le mélange par la face des pistons qui regarde le carter et on n'avait alors d'autre distributeur que le piston lui-même, qui, à fin de course, découvrait d'un côté l'admission et de l'autre côté l'échappement par des trous percés dans l'alésage. Au point de vue de la distribution proprement dite, le piston moteur est un excellent organe. Dans le cas particulier, sa nouvelle fonction est d'autant plus précieuse qu'elle ne constitue pas le remplacement d'un organe par un autre, mais la suppression de tout distributeur.

Malheureusement, le moteur à deux temps qui, à cylindrées égales, devrait donner deux fois plus de puissance qu'un moteur à quatre temps, ne fait souvent rien de plus que ce dernier et encore avec des consommations plus élevées. Cela tient à ce qu'on est obligé de chasser les gaz brûlés avec le mélange tonnant légèrement comprimé au préalable. Comme il est aussi difficile d'avoir une stratification parfaite qu'un mélange parfait, on perd toujours, à moins de ne pas vider les cylindres, des gaz frais à l'échappement.

L'introduction des mélanges dans des carters, présentant toujours des espaces nuisibles considérables, ne permet que des charges incomplètes et est souvent aussi une gêne pour le graissage, à cause de la dissolution de l'essence dans l'huile. Dans les modèles les plus récents de moteurs à deux temps, on a remédié à ce défaut en faisant agir le piston soit dans deux cylindres opposés, soit dans un cylindre à deux alésages.

A part les consommations qui sont restées trop élevées (ce qui est surtout un inconvénient pour les auto-taxis, les autobus et tous les poids lourds), les moteurs d'automobile donnent d'autant plus satisfaction qu'on tend toujours à placer sur les voitures des moteurs notablement plus puissants qu'il ne serait nécessaire. On dit alors que le moteur est très souple et qu'il a des reprises faciles. Il résulte de cette pratique que les moteurs d'automobile travaillent rarement à leur maximum de puissance, ce qui est favorable à leur conservation.

MOTEURS D'AVIATION. — Si nous passons maintenant au moteur

d'aviation qui, lui, dérive du moteur d'automobile sans lui ressembler, les conditions de marche sont toutes différentes. Ici, la difficulté de réalisation provient de ce que le moteur doit être le plus léger possible et marcher constamment à son maximum de puissance. Pour satisfaire à cette dernière condition, les organes de transmission de mouvement doivent être très robustes, plus robustes même que pour un moteur d'automobile. Par conséquent, pour diminuer le poids de ces moteurs, on ne peut s'en prendre qu'aux parties qui ne sont soumises qu'à de faibles efforts; on fera, par exemple, des cylindres et des pistons très minces, des enveloppes d'eau en feuille de cuivre, des carters ajourés, etc.

Au point de vue de la marche à pleine puissance, les difficultés que nous avons signalées pour l'alimentation du moteur d'automobile s'accroissent ici, car si on emploie à cet effet des carburateurs, leur débit se trouve influencé par les oscillations des appareils et les variations atmosphériques de l'air à différentes hauteurs. Ces défauts sont si sensibles que plusieurs constructeurs, et non des moindres, ont renoncé à l'emploi du carburateur ou du moins l'emploient de telle manière que tout se passe comme s'il n'y en avait pas.

Dans le moteur Wright, l'essence est envoyée par une pompe rotative simplement dans la partie du tuyau d'air dirigé vers le bas : c'est un peu primitif, et on a ainsi des pertes d'essence, mais quand le régime est établi, on a au moins un fonctionnement régulier.

Dans le moteur Antoinette, les chapelles des soupapes d'admission sont alimentées de pétrole par le refoulement positif d'une pompe à débit variable, et réglable, qui supprime les inconvénients du carburateur; avec ce dispositif, les consommations sont encore assez élevées.

Les constructeurs qui sont restés fidèles aux carburateurs ont été obligés de créer des conduits absolument symétriques pour s'efforcer d'alimenter les cylindres également. Ces derniers dispositifs, qui donnent satisfaction au banc d'essai, ne paraissent pas encore absolument sûrs pour les vols de longue durée.

MOTEURS A CYLINDRES TOURNANTS. — Au point de vue de la régularité de l'alimentation, le moteur qui donne le meilleur résultat est certainement le Gnôme, à cause même de sa forme. Ce moteur a été si souvent décrit qu'il n'est pas utile d'insister sur sa construction. Il se compose de sept cylindres posés sur un même carter, et le tout est animé d'un mouvement de rotation autour de l'arbre qui reste fixe. L'alimentation se fait par le centre de l'arbre qui est creux, à l'aide d'un carburateur, qui ne joue ici que le rôle d'éjecteur. L'air et l'essence, arrivant dans le carter du moteur, sont brassés très énergiquement par le mouvement des bielles et des pistons, ce qui détermine un mélange parfaitement homogène. Le mélange ainsi formé passe alors dans chaque cylindre, successivement, par des soupapes d'aspiration placées dans le fond des pistons. Ce brassage parfait des gaz est certainement pour beaucoup dans le succès obtenu par les Gnômes. L'inconvénient du système, c'est qu'on est obligé, pour le graissage du cylindre et des mouvements, d'envoyer également l'huile dans le carter. L'huile se charge alors forcément d'essence, et le graissage des cylindres ne se fait pas dans de très bonnes conditions. Pour diminuer la dissolution de l'essence dans l'huile, on a dû même avoir recours à l'huile de ricin qui n'est capable de dissoudre que peu d'essence. On sature du reste souvent d'essence l'huile de ricin avant de s'en servir, afin de ne pas troubler la formation des mélanges. Mais l'huile de ricin, qui ne convient guère pour des graissages à hautes températures ne peut donner de bons résultats qu'à la condition d'être employée en grande quantité, de façon à refroidir les surfaces qu'elle doit graisser. Ces huiles donnent aussi lieu à des dépôts qui heureusement sont expulsés à chaque échappement en raison même de la forme des machines. Au point de vue emmagasinage, la nécessité d'employer de l'huile de ricin n'est pas avantageuse

parce que cette huile se décompose en donnant naissance à des acides qui peuvent détériorer les machines.

La rotation dans l'air des cylindres a un autre avantage, c'est de rendre inutile leur refroidissement par l'eau, à la condition de faire les parois assez minces. La différence de température des deux côtés d'une paroi de cylindre étant sensiblement proportionnelle à son épaisseur, il est évident que la température extérieure pourra être d'autant plus élevée que la paroi sera plus mince. Grâce à l'emploi de métaux spéciaux, on peut descendre à 1 mm. d'épaisseur. On obtient ainsi des machines qui ne sont pas très robustes, mais qui ont suffi néanmoins pour accomplir des prouesses tout à fait inespérées. Je dois faire remarquer, du reste, qu'avec des parois aussi minces, il ne serait pas possible de refroidir les cylindres par circulation d'eau, car si pour maintenir l'intérieur des cylindres à la température limite au delà de laquelle les huiles sont décomposées, il fallait à l'extérieur une température supérieure à 100°, l'eau de circulation se vaporiserait, formerait des poches de vapeur qui donneraient un refroidissement bien moins bon que l'air ambiant. Par contre, il n'est pas certain que le mouvement de l'air, si rapide qu'il soit, suffise, car la consommation de ces moteurs en huile est bien exagérée.

Au point de vue des consommations et à l'appui des théories que j'ai émises, on peut remarquer que, malgré un fonctionnement à haute température des cylindres, le rendement thermique de ces moteurs n'est pas supérieur à celui des moteurs à refroidissement par eau.

En somme, ce qu'il y a de meilleur dans le dispositif rotatif du Gnôme, c'est de donner un mélange bien homogène. Ce qui me confirme dans cette idée, c'est que lorsqu'on couple 2 moteurs à 7 cylindres ensemble, on n'obtient ni une si bonne marche, ni le double de puissance, car on forme ainsi deux chambres dans le carter, ce qui nuit à l'homogénéité des mélanges, et les deux groupes de cylindres en étoile ne sont plus alimentés de la même manière.

Pour rendre le graissage plus facile, d'autres constructeurs, et les constructeurs du Gnôme également, essaient d'alimenter les cylindres par l'extérieur. Le brassage des gaz ne se fait plus aussi bien dans ce cas, et je doute qu'on obtienne ainsi d'aussi bons résultats qu'avec le premier dispositif.

Quelle que soit la forme des moteurs d'aviation, qu'ils soient à cylindres tournants ou à cylindres fixes, si l'on pouvait assurer : 1° une alimentation régulière des cylindres, quelles que soient les variations atmosphériques et la densité du liquide employé ; 2° un refroidissement convenable, on obtiendrait dans tous les cas d'excellents résultats. Lorsqu'on voudra des moteurs très robustes, il est probable qu'on reviendra aux cylindres fixes à la condition d'avoir réalisé une bonne distribution.

La question des distributeurs a aussi préoccupé les inventeurs, et dans un but de simplification plus apparente que réelle, on a voulu employer des soupapes d'admission et d'échappement concentriques. On est obligé dans ce cas d'avoir un coulissage de pièces cylindriques qui, à haute température, ont toujours une tendance à se mal comporter ; on revient ainsi en partie aux difficultés qui résultent de l'emploi des tiroirs. Nous n'avons éprouvé aucune surprise en constatant que certains constructeurs, qui avaient donné ces dispositifs comme un perfectionnement important, étaient revenus aux soupapes séparées.

MISES EN MARCHÉ AUTOMATIQUES. — Il reste une question intéressante à examiner : c'est la mise en marche automatique des moteurs d'automobiles et d'aviation. Pour les moteurs fixes, le problème est résolu depuis longtemps. Une simple application des procédés employés pour ces derniers ne peut pourtant suffire.

Il faut nécessairement, dans les cas qui nous occupent, n'avoir à agir que sur un seul organe. On a proposé diverses solutions :

celle qui vient le plus facilement à l'esprit, et à laquelle j'ai pensé moi-même tout d'abord, c'est de déterminer la mise en marche du moteur principal par l'action d'un petit moteur à air comprimé à plusieurs cylindres (fig. 1 A). J'ai imaginé dans ce but un système particulier d'embrayage du petit moteur qui n'entre en action qu'au moment précis où l'on en a besoin. Mais cette solution n'est pas simple, ni bon marché, car on ajoute ainsi une seconde machine à la première, et pour laisser au moteur auxi-

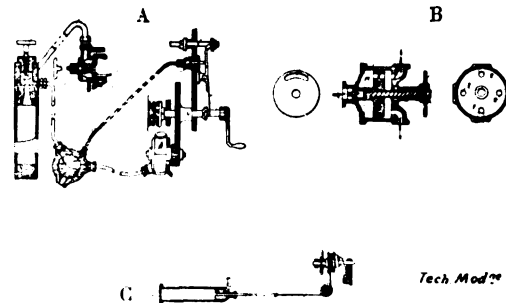


Fig. 1. — Systèmes de mise en marche automatique (Letombe) : A, moteur auxiliaire; B, distributeur automatique ou « démarreur »; C, treuil.

liaire de faibles dimensions, il est nécessaire de le faire fonctionner à très haute pression.

J'ai aussi imaginé un dispositif de treuil à air comprimé qui est déjà notablement plus simple, mais la solution la plus élégante et la moins coûteuse est sans contredit celle qui consiste à faire marcher le moteur lui-même à air comprimé au moment des mises en marche (fig. 1 C).

Le dispositif que j'ai construit pour prendre part au concours Deutsch, consiste en un petit tiroir circulaire (fig. 1 B), percé d'une ouverture, se déplaçant à la vitesse des arbres de distribution sur une glace portant quatre lumières à 90°. Ces lumières, par des tuyauteries convenablement disposées, communiquent avec des soupapes de retenue (dont la boîte n'excède pas la dimension d'une bougie d'allumage) placées sur chacun des cylindres.

Le tiroir est disposé de telle façon qu'il ne s'applique sur sa glace, qu'autant qu'il reçoit l'action de l'air comprimé, de sorte que, pendant le fonctionnement normal du moteur, il n'est soumis ni à aucun travail, ni à aucun frottement, ce qui est absolument essentiel pour un organe qui ne doit fonctionner que quelques secondes de temps en temps. L'entraînement de cet appareil que j'ai appelé « démarreur » est tel, que l'air comprimé ne peut entrer successivement dans chaque cylindre que pendant la course de

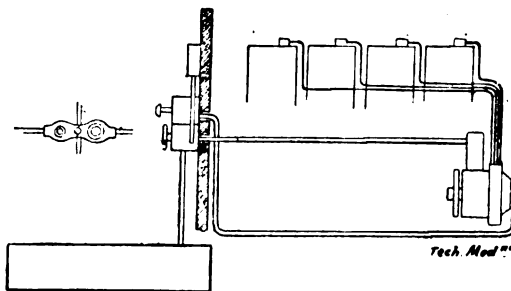


Fig. 2. — Installation d'un démarreur sur un moteur à 4 cylindres.

détente. Il s'ensuit que, dès que le moteur commence à tourner, ses phases d'aspiration et de compression s'accomplissent normalement.

Quant aux soupapes de retenue sur les cylindres, elles restent fermées dès qu'un allumage a lieu. L'action de l'air comprimé se trouve alors par conséquent automatiquement suspendue (fig. 2).

Ce démarreur, qui ne pèse pas 2 kg. pour un moteur de 50 HP, peut évidemment rendre sur les moteurs d'aviation les services qu'il rend sur les moteurs de voitures et il résulterait de son application des avantages importants : les aviateurs pourraient

en effet à volonté arrêter leur moteur et planer quand ils jugeaient le moment favorable, pour économiser de la puissance, et remettre en marche le moteur à volonté pour remonter à l'exemple des grands oiseaux.

MOTEURS FIXES. — Pour les moteurs fixes, on n'emploie l'essence, comme combustible, qu'accidentellement et pour de très petites installations, car l'essence coûte trop cher. Pour des fonctionnements intermittents, on se sert avec avantage du benzol, qui ne coûte presque pas plus cher que le pétrole lampant. Pour les applications à la marine, on a complètement renoncé à l'essence et au benzol, dont l'emploi est trop dangereux.

Il n'y a pas de différence essentielle entre les moteurs marins et les moteurs fixes. Pour ces derniers, on emploie encore assez souvent le moteur horizontal, mais les procédés de distribution restent les mêmes. Pour l'emploi du pétrole lampant, on se sert quelquefois de carburateurs réchauffés. La maison Aster, en particulier, est arrivée de cette manière à des résultats fort intéressants, bien qu'avec des consommations un peu élevées résultant de l'emploi de compressions trop basses, difficiles, du

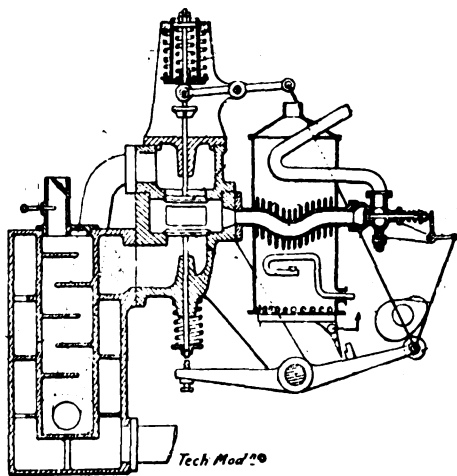


FIG. 3. — Moteur à pétrole lourd et vapeur (Lecombe).

reste, à dépasser en raison des explosions brisantes que donne le pétrole. Avec les systèmes à volatilisation préalable de pétrole, il y a une difficulté grande à vaincre : c'est l'évitement du *craking* qui se produit vers 300° et donne lieu à des dépôts abondants de coke très dur.

On obtient des consommations un peu meilleures en employant des moteurs dits à cornues incandescentes. Dans ce genre de moteurs, le pétrole, pulvérisé par une admission spéciale d'air, traverse une cornue maintenue à l'incandescence. Cette cornue, en communication constante avec le cylindre, joue le rôle de tube d'allumage.

Pour arriver à réduire les consommations, il faudrait augmenter beaucoup les compressions. Banki y est arrivé en injectant dans les cylindres, en même temps que le pétrole, une proportion d'eau assez grande. La difficulté du réglage du débit d'eau a fait renoncer à ce dispositif qui, du reste, n'était pas absolument logique, attendu que la vaporisation de l'eau était obtenue aux dépens de l'énergie interne des gaz.

J'ai obtenu de très bons résultats en opérant d'une façon différente.

J'admets dans les cylindres non pas de l'air pur, mais de l'air saturé de vapeur d'eau à une température déterminée. A cet effet, l'air passe dans une double enveloppe du pot d'échappement, dans laquelle est faite une injection d'eau. Il est facile d'arriver ainsi à une proportion rigoureuse de vapeur dans l'air. D'autre part, la vaporisation étant obtenue aux dépens de chaleurs per-

dues, il ne résulte aucune perte de ce chef. La compression se fait alors sur un mélange composé d'air, de vapeur d'hydrocarbure introduite à part, et de vapeur d'eau. La vapeur d'eau joue, dans ce cas, un rôle très curieux : elle ne gêne en rien les combustions, mais diminue simplement la rapidité de l'explosion. J'ai pu ainsi obtenir des diagrammes tout à fait corrects avec des compressions qui dépassaient 15 kg., ce qui est tout à fait remarquable. La marche restait excessivement douce et les consommations, pour des moteurs de 25 HP seulement, sont descendues, en huile lourde, à 220 grammes. Le seul inconvénient du système, qui reste par conséquent perfectible, c'est que le volume occupé par la vapeur d'eau dans le mélange conduit à l'emploi de cylindres un peu volumineux. Mais le procédé est à retenir, parce qu'il permet d'établir des machines ayant presque les mêmes consommations que les moteurs à combustion, que nous allons examiner maintenant, tout en coûtant notablement moins cher de construction (fig. 3).

MOTEURS A COMBUSTION. — Bien que tous les moteurs à pétrole soient en fait des moteurs à combustion interne, on a réservé plutôt le nom de « moteurs à combustion » aux moteurs dans lesquels le combustible brûle au fur et à mesure de son introduction à fin de compression. On désigne aussi ces moteurs sous le nom de moteurs Diesel, parce que cet inventeur a été le premier à préconiser l'emploi de très hautes compressions, et bien que le cycle de ces machines ne corresponde pas au cycle de Carnot que s'était proposé de réaliser l'inventeur. Contrairement à ce qu'on croit généralement, il n'y a pas lieu de regretter les combustions isothermiques préconisées par M. Diesel. Ce qu'il y a, en effet, de difficile à réaliser dans une machine, c'est la période de compression adiabatique, et pour une compression possible le plus grand rendement n'est pas obtenu par un cycle de Carnot, mais par un cycle qui relève les pressions au-dessus de l'isothermique. On ne marche plus alors évidemment avec le même écart de températures que dans le cas du cycle de Carnot réalisable, mais peu importe puisque les résultats sont meilleurs. Le maximum de rendement correspond toujours à un apport de chaleur à volume constant.

On n'a pu réaliser jusqu'ici qu'une combustion à pression sensiblement constante.

Grâce aux très hautes compressions obtenues, les moteurs à combustion ont permis d'arriver à des consommations de 200 et même 180 gr. par cheval effectif en employant comme combustible, non du pétrole lampant, mais des huiles lourdes (1).

Le cycle des moteurs actuels à combustion se compose d'une adiabatique de compression, d'un apport de chaleur à pression constante et d'une adiabatique de détente interrompue lorsque le volume est revenu égal à celui de l'admission. On a donc, pour terminer le cycle, une reprise de chaleur à volume constant.

Dans ces conditions, j'ai démontré que la formule de rendement d'un tel cycle peut se mettre sous la forme simple :

$$\rho = 1 - \frac{1}{\gamma} \frac{n_0 \gamma}{n_0 - 1} \frac{n_1}{n_1 \gamma} \quad 2$$

les notations étant les mêmes que pour la formule (1).

n_0 représente l'augmentation de volume due à la combustion. On voit que plus n_0 sera petit et plus le rendement sera élevé. A la limite, lorsque n_0 devient égal à 1, on retombe sur la formule (1).

(1) Ces résultats sont tout à fait remarquables, mais ne permettent pourtant pas au moteur à combustion de lutter avantageusement en France contre les moteurs à gaz pauvre, dans le cas où les gazogènes peuvent être alimentés de charbon maigre ou de petits coques, à cause du prix relativement élevé des huiles lourdes données comme le meilleur marché. Il y a du reste toujours à craindre un relèvement des droits de douane.

Il y aurait avantage à relever les combustions et à réaliser une sorte de cycle mixte à explosion et à combustion.

J'avais déjà vérifié le fait dès 1895 en construisant un moteur à cycle mixte, mais la question alors n'intéressait personne.

Dans ces dernières années, M. Sabathé est revenu à cette idée du cycle mixte qu'il croyait sans doute nouvelle. D'après des

essais officiels récents, il ne semble pas que le but poursuivi (qui est un nouvel abaissement des consommations) ait été atteint, car le moteur présenté a consommé autant que de simples moteurs à explosion.

La grosse difficulté d'une réalisation pratique consiste à éviter les combustions incomplètes.

Devant le succès des moteurs à combustion, il est intéressant de se demander à quelle compression il faudrait marcher avec un moteur à explosion pour obtenir les mêmes consommations.

Le calcul montre qu'il suf-

frait de comprimer à 20 kg. environ, mais les pressions explosives seraient alors trop élevées.

Le mieux serait de comprimer vers 25 kg. et de marcher en cycle mixte si possible, mais la bonne solution reste à trouver (fig. 4 et 5).

La construction des moteurs à combustion demande beaucoup de soins; les alésages, en particulier, doivent être parfaits, car on conçoit que, pour arriver à des compressions de 30 kg., la moindre fuite est préjudiciable. La distribution se fait par des soupapes placées dans les fonds; les chambres doivent du reste

être tellement petites qu'il ne serait pas possible de leur donner une autre disposition. L'aiguille d'injection de pétrole, qui se manœuvre par soulèvement, est placée juste au centre du cylindre, ce qui favorise une bonne combustion. Le pétrole est refoulé par des pompes, à débit réglable, à la pression de l'air comprimé d'injection, pression qui est notablement supérieure à celle de la compression. De ce fait, l'étanchéité des garnitures de tige de piston des pompes est difficile à maintenir. L'injection se fait par pulvérisation au moment où l'aiguille est soulevée, mais cette aiguille doit être soulevée d'une certaine manière par une came dont le profil ne peut être déterminé que par une expérience.

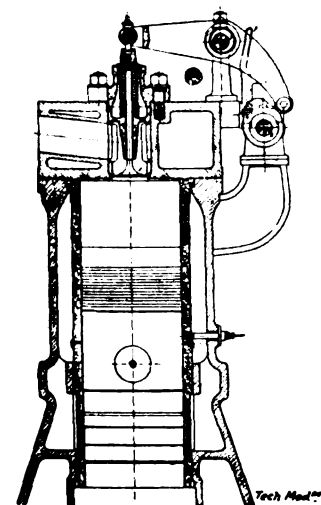


FIG. 5. — Moteur à combustion. Coupe par la soupape d'admission.

Ces moteurs doivent comporter des compresseurs à étages. Ces appareils sont eux-mêmes de construction délicate. L'air comprimé est emmagasiné dans des réservoirs qui doivent être parfaitement étanches, cela va sans dire, ainsi que leurs tuyauteries. La construction et les dispositifs à employer coûtent cher; aussi un moteur à combustion à puissance égale coûte-t-il autant qu'une installation complète à gaz pauvre.

MOTEURS MARINS. — En ce qui concerne les applications à la marine, les moteurs doivent répondre à des obligations particulières. C'est ainsi que les moteurs marins doivent être pourvus d'une marche arrière et pouvoir tourner à toutes les vitesses pour les manœuvres.

La marche arrière n'offre pas de difficultés spéciales: il suffit de faire coulisser les came sur leur arbre, ou de modifier leur angle de calage et leur position relative par une rotation de l'arbre de distribution; soit encore, ainsi que je l'ai réalisé, de disposer d'un robinet à deux voies monté de façon à pouvoir intervertir les tuyauteries d'admission et d'échappement. Il suffit alors de suspendre l'arrivée du pétrole jusqu'à ce que le moteur soit suffisamment ralenti. En rétablissant alors l'injection de pétrole avec un peu d'avance, le moteur repart en sens inverse. La marche arrière obtenue si simplement est presque aussi satisfaisante que la marche avant.

La mise en marche de ces moteurs ne pouvant se faire que par l'air comprimé, il sera nécessaire que les installations à bord soient pourvues d'une série de réservoirs d'assez grand volume pour parer aux conséquences d'une fausse manœuvre. Il sera bon en outre d'avoir à sa disposition une installation de secours avec compresseur, mue de préférence par une petite machine à vapeur. Si en effet on n'avait à sa disposition que le seul fonctionnement des moteurs à combustion, un accident dans les canalisations d'air comprimé immobiliserait irrémédiablement les machines, car on ne peut penser à lancer à la main un moteur à combustion.

Contrairement à ce qui se passe pour les moteurs à explosion, le cycle à deux temps est tout indiqué pour les moteurs à combustion, car avec la compression d'air pur de ceux-ci, il n'y a pas à craindre la perte d'une partie du mélange combustible par les chasses d'air. La maison Carels, de Gand, a réalisé ainsi un moteur de 1.000 chevaux à quatre cylindres, de dimensions vraiment réduites malgré l'addition d'une pompe de chasse d'air. Sur ce moteur on n'a pas profité de tout ce que peut donner un moteur à deux temps, car on a gardé sur les culasses des soupapes d'admission pour l'air. Pour les grandes puissances, on cherche à réaliser d'autre part des moteurs à double effet. L'injection du pétrole du côté tige, dans ce cas, présentera sans doute quelques difficultés, mais la solution n'est pas impossible.

Si on obtient ainsi de bons résultats, on pourra arriver, par un dispositif que j'ai étudié et qui ne comporte ni soupape d'admission ni d'échappement, à des puissances tout à fait considérables avec des dimensions relativement restreintes.

Le système consiste à coupler, sur une même bielle, deux cylindres communiquant par les fonds. Les admissions et les échappements se font par des trous découverts par les pistons à chaque fin de course.

Supposons par exemple qu'on prenne pour maximum de diamètre des pistons 1 mètre et qu'on admette pour la vitesse moyenne de ces pistons 5 mètres, ce qui n'a rien d'excessif. Un moteur qui se composerait de 4 cylindres doubles développerait facilement 20 000 chevaux avec un encombrement de 12 mètres sur 4.

Pour assurer les manœuvres, il suffira de disposer d'une réserve suffisante d'air comprimé. Il sera même possible de recourir à des dispositifs qui amèneront l'air comprimé dans les cylindres dès que la vitesse du moteur tendra à tomber en dessous d'une certaine valeur, et qui supprimeront automatiquement son action dès que la vitesse sera suffisamment remontée.

Il me reste à dire quelques mots des moteurs de sous-marins.

La question des moteurs pour la marche en surface est pratiquement résolue, mais il n'en est pas de même pour la marche en plongée. La nécessité, dans ce dernier cas, de ne pas accuser en surface la trace de passage du bâtiment, a fait qu'on n'a pas pu faire de machines ayant à rejeter à l'extérieur des gaz d'échappement. Jusqu'ici on a eu recours, à cet effet, à des batteries d'accu-

mulateurs chargés par une dynamo commandée par le moteur principal pendant la marche en surface. Périodiquement donc, on est obligé de faire remonter le sous-marin pour recharger sa batterie.

Mais les batteries d'accumulateurs sont lourdes et encombrantes ; leur rendement est faible, leur entretien est dispendieux et difficile et leurs émanations sont dangereuses. Enfin, ces appareils limitent considérablement le rayon d'action des navires.

Tout récemment, on a proposé de remplacer les accumulateurs électriques par des accumulateurs de chaleur constitués par des réservoirs d'eau chaude sous pression, capables de jouer le rôle de chaudières sans foyer comme dans les locomotives Franck. Avec ce système, qui paraît devoir donner des résultats intéressants, on se heurte à des difficultés d'isolement calorifique des réservoirs et de la chaudière qui doit leur communiquer sa chaleur. Ces appareils sont encore lourds et encombrants et de plus ils limitent toujours le rayon d'action des navires. Par contre, le système est robuste et demande peu d'entretien.

Mais combien ne serait-il pas préférable de pouvoir actionner les hélices des sous-marins en plongée avec un moteur à combustion interne dont le rendement élevé dont le rayon d'action ne dépend plus que de l'importance des approvisionnements en combustible !

Il suffit pour cela de satisfaire à deux conditions : supprimer les échappements et remplacer l'air comburant par de l'oxygène.

Depuis quelque temps, cette solution a tenté bien des inventeurs qui ont proposé des systèmes de machines dénommées par eux « à cycle fermé ». L'expression n'est pas justifiée, car, dans les systèmes proposés, les machines n'utilisent que des cycles connus.

Pour supprimer l'échappement, voici ce qu'on avait proposé : Les gaz rejetés ne contenant, lorsque la combustion a été parfaite et complète, que de l'acide carbonique, de la vapeur d'eau et de l'azote, en faisant passer ces gaz dans une espèce de condenseur largement arrosé par une lessive caustique, on condense d'abord la vapeur d'eau et on retient l'acide carbonique par la formation de carbonate. L'azote qui a été introduit dans la machine par l'air atmosphérique et qui, dans les réactions, ne joue aucun rôle actif, est repris par une pompe et renvoyé aux cylindres du moteur. Il suffit alors d'ajouter à cet azote une proportion convenable d'oxygène pour se retrouver dans les mêmes conditions de marche qu'avec une admission d'air atmosphérique.

Pour la fourniture de l'oxygène, M. Joubert avait proposé l'emploi de l'oxylithe, dont il est l'inventeur. L'oxygène se dégageant à la pression ambiante devait être envoyé dans les cylindres en même temps que l'azote. Cette solution nécessiterait l'emploi d'appareils encombrants et lourds. D'autres ont proposé plus logiquement l'emploi d'oxygène sous haute pression emmagasiné dans des tubes métalliques. L'oxygène dans ce cas pourrait n'être introduit dans les cylindres qu'en fin de compression.

Des revendications se sont déjà manifestées entre divers inventeurs à propos de ces emplois d'oxygène libre dans les machines, mais le fait d'employer de l'oxygène ou du moins de proposer son emploi, est très ancien et remonte à plus de soixante-

dix ans. Il est remarquable en effet de constater que les premiers inventeurs qui ont proposé la réalisation de moteurs à gaz ont tout d'abord pensé à l'emploi de l'oxygène pur comme comburant.

Quoi qu'il en soit, tous ces projets ont échoué devant l'impossibilité pratique d'arrêter complètement, comme il conviendrait, l'acide carbonique des gaz d'échappement.

L'emploi de l'oxygène avait fait aussi espérer une réduction du poids des machines et on avait d'autre part prétendu qu'une addition d'oxygène, dans les mélanges tonnants, déterminerait une augmentation du rendement thermique des machines.

En ce qui concerne le premier point, il est déjà suffisamment difficile de profiter de tout ce que peut donner une combustion sans air en excès pour laisser de côté les additions d'oxygène. En ce qui concerne une augmentation de rendement thermique, s'il en a été constaté dans certains essais particuliers, c'est que l'oxygène en excès, qui permet une combustion beaucoup plus rapide, déterminait une correction de diagrammes très défectueux. Dans une machine bien réglée, le rendement thermique propre dépend non pas de la quantité d'oxygène introduit, mais uniquement de la valeur de la compression et de la détente.

Quoi qu'il en soit de l'emploi de l'oxygène comme comburant, indispensable pour la marche en plongée, l'important pour la solution du problème est d'arriver à la suppression de l'échappement sans trop alourdir les sous-marins.

Je vais pour terminer vous donner le principe d'une disposition séduisante que j'ai à l'étude.

Pour la marche en plongée, le moteur consommerait comme combustible de l'hydrogène et comme comburant de l'oxygène, ces deux gaz étant emmagasinés à haute compression dans des réservoirs *ad hoc*.

Le poids des approvisionnements serait réduit, car 72 gr. d'hydrogène dégagent la même quantité de calories que 200 gr. de pétrole.

Le produit de la combustion sera ici de la vapeur d'eau, et si les détentes sont réglées pour donner à l'échappement une pression de 3 ou 4 kg. à la température de 400° environ, on aura une excellente vapeur surchauffée utilisable dans une turbine à condensation. On trouvera ainsi réunis les avantages du moteur à combustion et de la turbine à vapeur. Une pompe à air renverra dans les cylindres la petite quantité de gaz qui pourra échapper aux réglages.

Il y a des difficultés de réalisation qui se présentent, mais elles sont loin d'être insurmontables.

Qu'il me soit permis en terminant de remercier M. l'inspecteur général Lecornu de l'honneur qu'il a fait aux abonnés de *La Technique Moderne* en acceptant de présider cette conférence.

Je le remercie pour moi-même de sa trop bienveillante présentation.

Je remercie enfin notre distingué Directeur, M. Bourrey, de m'avoir mis à même d'exposer mes idées devant un auditoire aussi choisi.

Léon LETONBE.

CONFÉRENCES DE "LA TECHNIQUE MODERNE"

L'ÉLECTROSIDÉRURGIE

CONFÉRENCE FAITE LE VENDREDI 27 JANVIER 1911

Par Léon GUILLET

Professeur de métallurgie et travail des métaux au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Sous la présidence de M. BOUQUET, Directeur honoraire de l'Enseignement technique, Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers.

AVANT-PROPOS.

L'électrosidérurgie constitue assurément l'une des questions les plus modernes de la métallurgie. Elle est, avec l'affinage par l'électrolyse, la branche la plus développée de l'électrométallurgie et mérite toute l'attention non seulement des sidérurgistes, mais aussi des industriels, car elle apporte une amélioration très nette dans les produits.

Après avoir indiqué sommairement le champ actuel de l'électrométallurgie, nous montrerons les applications de cette méthode à l'obtention des alliages de fer ordinaires et spéciaux.

En quelques mots, nous donnerons l'histoire de la question, puis, nous étudierons les principaux appareils utilisés, en cherchant à les classer d'une façon très simple.

Après quoi, nous indiquerons les principes actuels de construction des fours en insistant sur certains points nouveaux (sole acide).

Nous entrerons ensuite dans quelques détails sur les différents cas d'utilisation du four électrique, sur les réactions et les marches utilisées, sur le prix de revient dans la fabrication de l'acier, de la fonte ou du fer direct, et nous terminerons par l'examen de la qualité des produits obtenus.

I. — De l'électrométallurgie en général.

L'électricité peut intervenir dans les opérations métallurgiques soit de voie sèche, soit de voie humide.

Le tableau suivant résume ses principales applications actuelles :

ELECTROMÉTALLURGIE PAR VOIE SÈCHE.

Par chauffage .	Sans réaction .	{	Fusion : Aciers.
			Fours à recuire, tremper, etc.
	Avec réactions .	{	Fonte.
			Fer direct.
Par électrolyse .	{	Réduction .	Alliages ferrométalliques.
			Métaux dits réfractaires.
	{	Affinage .	Cuivre et zinc (en essais).
			Aciers.

ELECTROMÉTALLURGIE PAR VOIE HUMIDE (ELECTROLYSE).

Avec anodes in-solubles . . . { Récupération de l'étain (fer-blanc).
Métallurgie de l'or et de l'argent (Cyanuration).

Avec anodes solubles . . . { Fabrication du fer pur.
Affinage du cuivre, du zinc et du plomb.
Affinage de l'argent et de l'or.

Ce tableau permet de situer l'électrosidérurgie.

On notera la fabrication du fer pur par électrolyse et nous croyons pouvoir dire, sans entrer dans des détails qui seraient indiscrets, que ceci n'est plus une recherche de laboratoire.

On voit qu'en dehors de l'obtention du fer pur, l'électrosidérurgie comprend :

La fabrication des fontes,
La fabrication des aciers ordinaires et spéciaux,
La fabrication du fer direct en partant du minerai.

La préparation des alliages ferrométalliques (ferro-chromes, ferro-tungstènes, etc.) constitue une branche un peu spéciale, que nous laisserons de côté, la plupart de ces alliages contenant 50 à 95 % de produits autres que le fer.

II. — Historique.

Au point de vue de l'histoire de l'électrosidérurgie, il y a deux points distincts à noter : l'histoire des appareils, l'histoire de leur utilisation à la sidérurgie.

Au point de vue de l'histoire des appareils, il faut citer :

Le four de Siemens (1880), constitué par deux électrodes produisant un arc dans un creuset;

Le four de Borchers (1880), formé par une cavité réfractaire, chauffé par un arc qui jaillit entre une électrode et une masse polaire située dans la sole du four;

Le four à induction de Ferranti (1885), dont nous retrouverons le principe dans le four Kjellin;

Les fours de la fabrication de l'aluminium et du bronze d'aluminium, notamment ceux de Héroult, des frères Cowles (1887, 1890);

Le four de Moissan, dans lequel l'arc jaillit dans une cavité en chaux (1892).

Puis, vient la période industrielle avec les fours que nous allons décrire plus loin.

Aux premières applications de ces appareils à la sidérurgie sont liés les noms de Stassano, de Héroult, de Keller, de Gin et Lefeu, de Chaplet, de Girod, de la Société des Hauts-Fourneaux et Forges d'Allevard, de Kjellin, etc., qui ont étudié et les appareils et les méthodes.

Dans cet historique, la France a joué un rôle primordial qui a, d'ailleurs, été nettement mis en vue dans le premier document officiel sur le sujet, le rapport de la Commission envoyée par le Gouvernement canadien pour étudier la question en Europe.

III. — Fours électrosidérurgiques.

Le tableau suivant donne la classification des appareils utilisés :

1° FOURS A RÉSISTANCE.	
Prototype : Gin . . .	{ Métal placé dans un long canal formant four et recevant le courant.
2° FOURS A INDUCTION.	
Prototype : Kjellin . .	{ Métal placé dans un canal et soumis à un courant induit. (Champ magnétique créé par un noyau quadratique avec solénoïde).
3° FOURS A INDUCTION ET A RÉSISTANCE.	
Prototype : Röchling.	{ Principe du four de Kjellin, mais une partie du courant passe dans le bain (type Gin).
4° FOURS A ÉLECTRODES.	
Courant ne passant pas dans le bain :	
Prototype : Stassano . .	{ Chauffage indirect par l'arc se produisant au-dessus du bain.
Courant passant dans le bain :	
A sole non conductrice.	{ Plusieurs électrodes. Un arc entre chaque électrode et le bain. Courant entrant par une électrode et sortant par une autre, donc plusieurs arcs.
Prototypes : Héroult et Keller.	{ Courant partant par la sole.
A sole conductrice . .	{ Sole en graphite (ferro-silicium et fonte).
	{ Sole entièrement conductrice . . { Sole en graphite et magnésie (Firminy).
	{ Sole en magnésie armée (Keller, type nouveau).
Sole partiellement conductrice . .	{ Masses polaires dans la sole (Girod).
	{ Masse polaire avec connexion relevée (Chaplet).

Nous donnerons maintenant une brève description des principaux types employés :

1° Fours à induction : Le four Kjellin (fig. 1) a cédé sa place presque partout au four Röchling.

Rappelons en deux mots que ce four Kjellin est constitué par

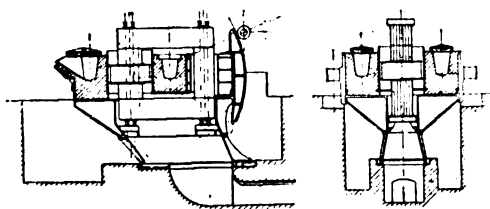
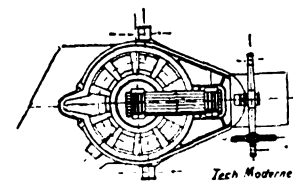


FIG. 1. — Dispositif du four Kjellin.



Le four Röchling (fig. 2) est caractérisé :

1° Par un canal en huit qui s'élargit au point de contact pour former une véritable chambre de fusion ;

2° Par la disposition des bobines primaires, qui sont ici au nombre de deux, une sur chaque branche verticale de l'anneau magnétique ;

3° Par le passage d'une partie du courant directement à travers le bain formant résistance ; ce courant est amené dans le laboratoire par des masses polaires, noyées dans la magnésie.

Dans les derniers types de ces fours, on a augmenté le revêtement réfractaire du four pour diminuer les pertes par conducti-

bilité ; on a développé les masses polaires de telle sorte que les 2/3 de l'énergie seraient fournis par le courant induit et 1/3 par le courant passant directement dans le métal (1).

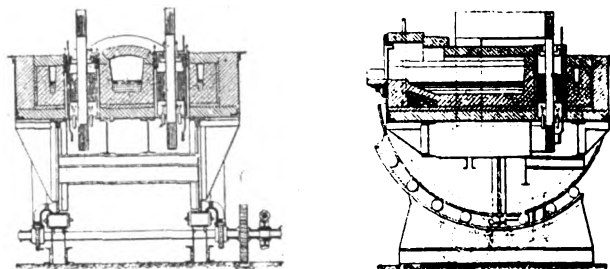


FIG. 2. — Dispositif du four Röchling-Rodenhauser (type triphasé).

Enfin, les laitiers ne passent pas dans les carnaux, grâce à des briques en magnésie qui barrent ceux-ci et forment siphon. Dans le four triphasé (fig. 2) du même système, il y a trois anneaux, trois bobines. On note un mouvement de rotation du bain, qui est produit par le champ magnétique tournant créé par les trois bobines. Quelques autres types de four à induction sont en usage, surtout en Allemagne. Il faut citer le four Frick (fig. 3) des usines Krupp, caractérisé par deux bobines primaires placées au-dessus et au-dessous du bain.

Enfin, le four Hiorth (fig. 4) est très analogue au four Röchling,

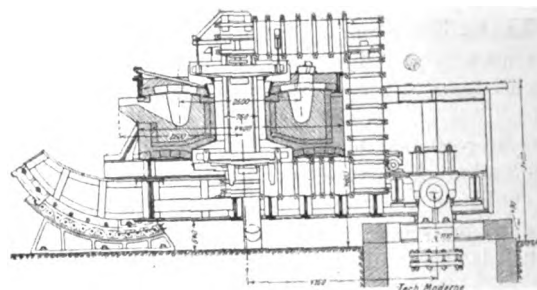


FIG. 3. — Dispositif du four Frick.

mais la bobine est divisée en plusieurs parties placées au-dessus et au-dessous du bain. Celles situées au-dessus sont fixes, les autres suivent le mouvement du four, à la coulée.

Il faut encore signaler le four Schneider, décrit à différentes reprises, et le four des usines Saint-Jacques à Montluçon, qui est

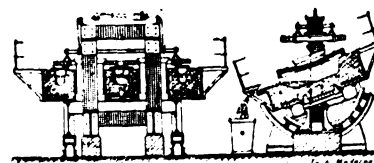


FIG. 4. — Dispositif du four Hiorth.

un four à induction du type Ziani de Ferranti et dont la description sera donnée prochainement.

Les fours à résistance ne sont pas employés en électrosidérurgie.

(1) C. de COUSSEGUER : *Revue de Métallurgie*, Mémoires, juin 1909, p. 620.

FOURS A ÉLECTRODES.

A. — Fours dans lesquels le courant ne passe pas dans le bain.

Fours Stassano. — Nous savons que dans ce four (fig. 5) le courant ne passe pas dans le bain et que le chauffage a lieu par rayonnement.

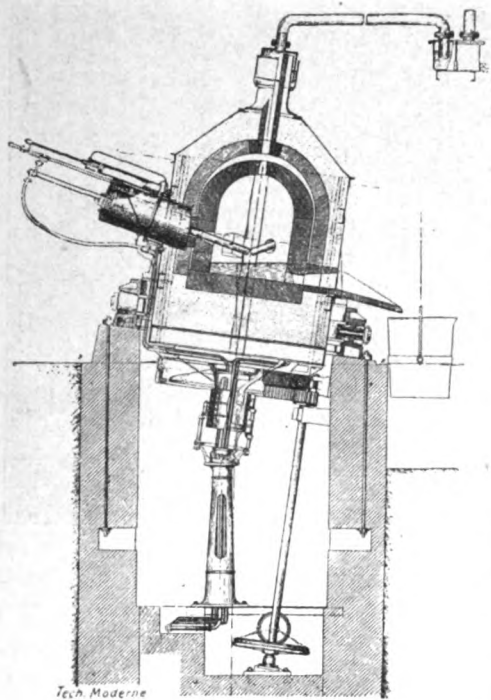


FIG. 5. — Dispositif du four Stassano.

Le type moderne est le four triphasé tournant. Un arc central jaillit entre trois électrodes convergentes; l'axe de rotation du four est incliné de façon que le mouvement produise un brassage de la masse. Quant aux gaz produits, ils sortent par la partie haute du four et traversent un barillet qui crée une légère pression dans le four et empêche la rentrée de l'air.

Les charbons sont reliés aux conducteurs par des pièces se déplaçant dans une chambre étanche et refroidie par courant d'eau;

un cylindre hydraulique placé au-dessus de la chambre permet le réglage de l'électrode.

B. — Fours dans lesquels le courant passe dans le bain.

B₁. — FOURS A SOLE NON CONDUCTRICE.

Fours Héroult pour acier. — Le type initial (fig. 6) comporte, nous l'avons dit, deux électrodes, et nous avons indiqué la marche du

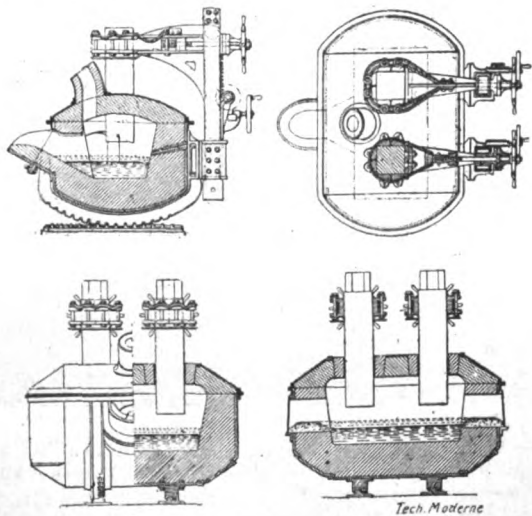


FIG. 6. — Dispositif du four Héroult.

courant. Comme tous les fours actuels, le four Héroult est basculant.

Le dernier type est le four de 15 tonnes (fig. 7), fonctionnant aux usines de Chicago-Sud. Il marche en triphasé et comporte, de ce fait, trois électrodes.

Fours Keller. — On a reproché aux fours Héroult de chauffer inégalement, le courant ayant tendance à lécher seulement le bain. Pour remédier à cet inconvénient, M. Keller a établi un four, dans lequel les arcs en série créent deux centres de travail dans deux

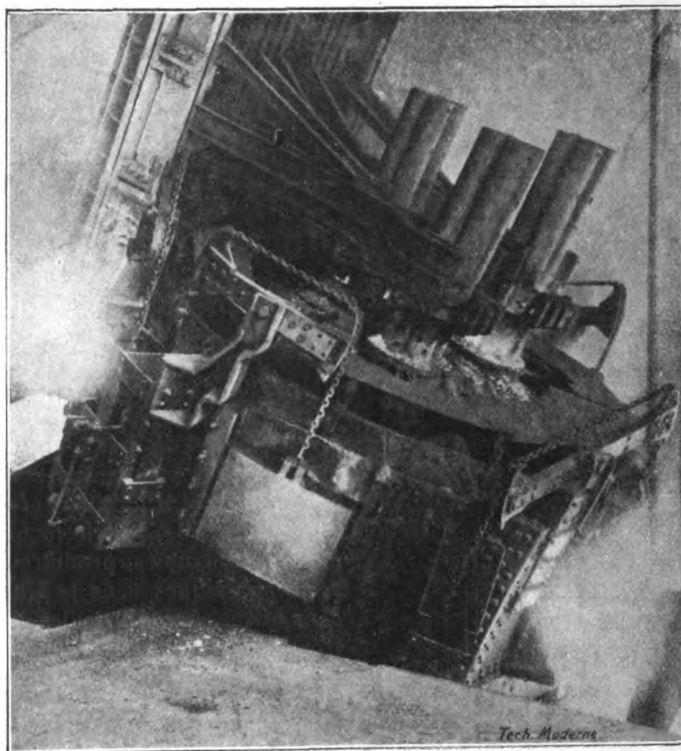


FIG. 7. — Vue du four Héroult, triphasé de 15 tonnes.

chambres séparées par l'air, mais communiquant par un canal inférieur. Dans le modèle le plus moderne, on a quatre chambres de travail avec une petite chambre centrale.

B₂. — FOURS A SOLE CONDUCTRICE.

Fours Girod. — Dans ces fours (fig. 8), la sole est rendue par-

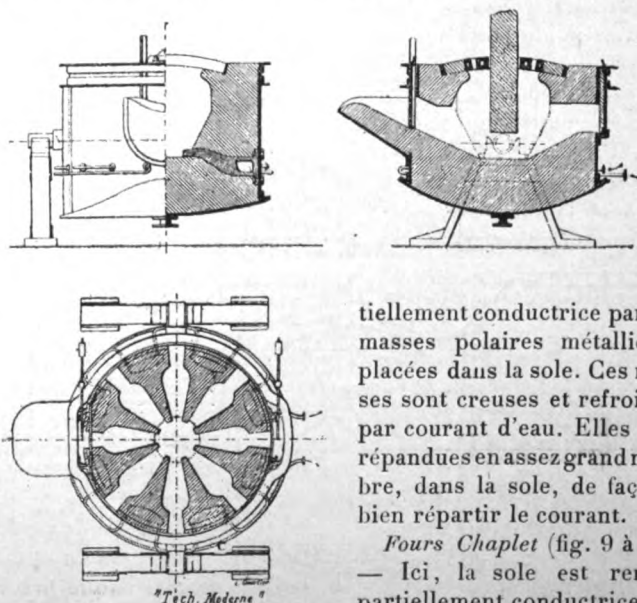


FIG. 8. — Dispositif du four Girod.

tiellement conductrice par des masses polaires métalliques placées dans la sole. Ces masses sont creuses et refroidies par courant d'eau. Elles sont répandues en assez grand nombre, dans la sole, de façon à bien répartir le courant.

Fours Chaplet (fig. 9 à 12). — Ici, la sole est rendue partiellement conductrice par une masse métallique qui aboutit à son centre et qui, à une

certaine distance du four, se redresse verticalement jusqu'au-dessus du niveau du bain. On évite ainsi les accidents que peut provoquer la fusion des masses polaires. Dans les types les plus

récents, le tonnage étant assez élevé (7 tonnes), pour obtenir une

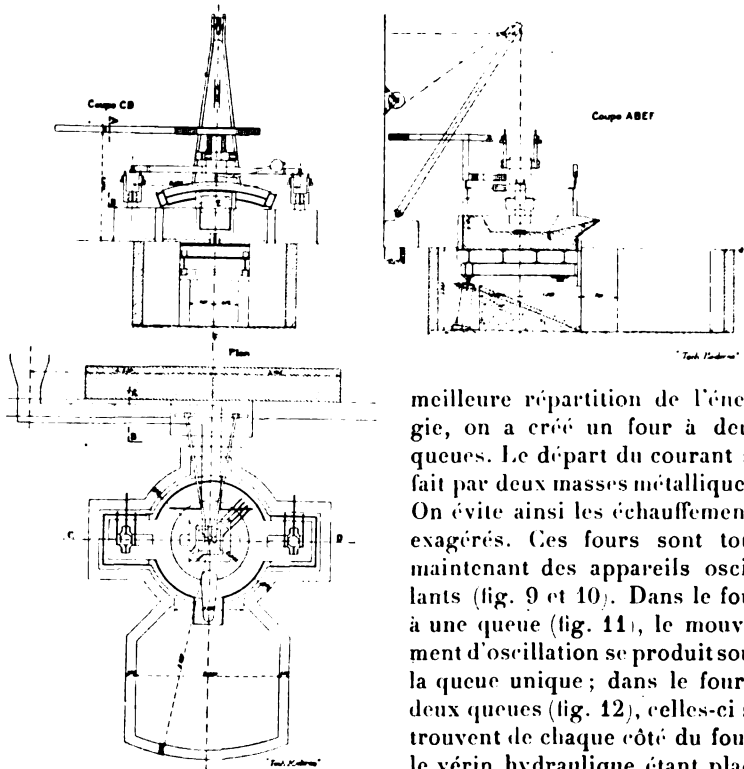


FIG. 9. — Ensemble de l'installation du Four Chaplet de 7 tonnes, utilisé aux Hauts-Fourneaux et Forges d'Allevard.

charbon aggloméré est rejoint au courant; il est surmonté d'une

meilleure répartition de l'énergie, on a créé un four à deux queues. Le départ du courant se fait par deux masses métalliques. On évite ainsi les échauffements exagérés. Ces fours sont tous maintenant des appareils oscillants (fig. 9 et 10). Dans le four à une queue (fig. 11), le mouvement d'oscillation se produit sous la queue unique; dans le four à deux queues (fig. 12), celles-ci se trouvent de chaque côté du four, le vérin hydraulique étant placé à l'opposé du bec de coulée.

Four Héroult pour fonte. — Ce four est le type du four à sole entièrement conductrice. Il possède une électrode; le creuset en

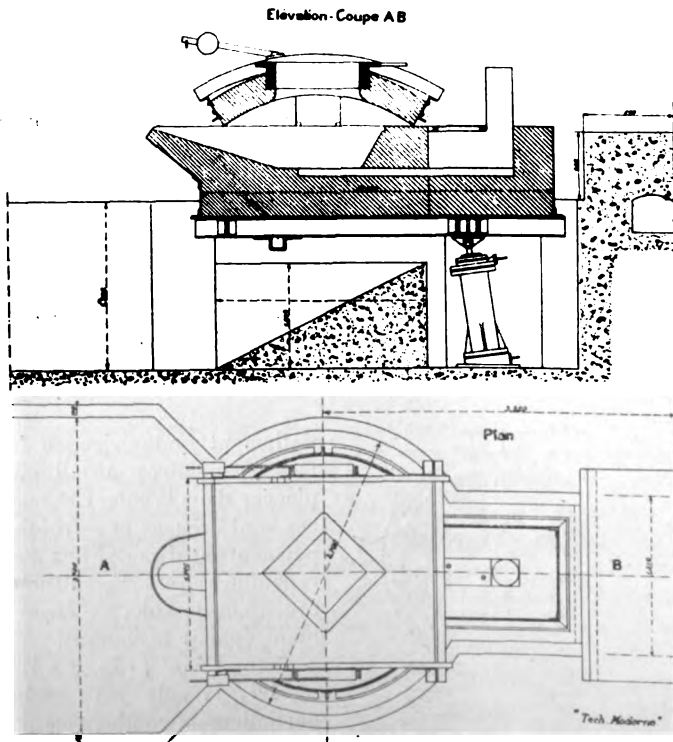


FIG. 10. — Détails du Four Chaplet de 5 tonnes, utilisé aux Hauts-Fourneaux et Forges d'Allevard.

cuve réfractaire. Il est bien évident que, dans un tel four, on

n'est point à l'abri d'une carburation; d'où impossibilité de son emploi dans la fabrication des aciers. C'est d'ailleurs sensiblement le type de fours utilisé pour la fabrication du ferrosilicium.

Four Keller (type nouveau). — Dans toute une catégorie de fours, on a cherché à tirer partie de la propriété bien connue de

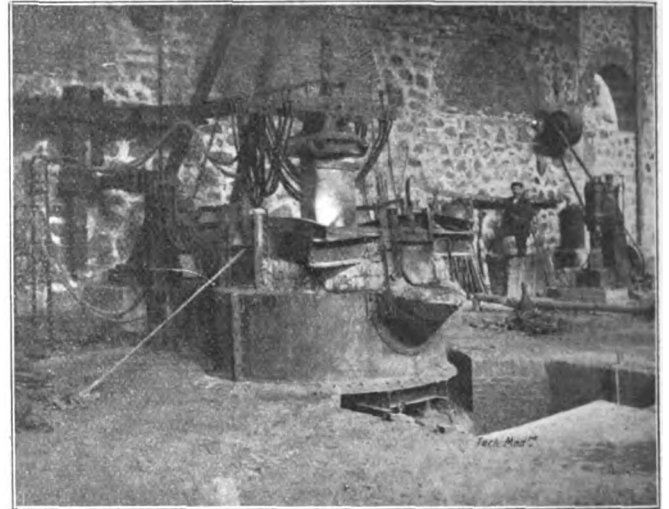


FIG. 11. — Four Chaplet de 5 tonnes, à une queue, utilisé à l'aciérie électrique de la Société des Hauts-Fourneaux et Forges d'Allevard.

la magnésie, qui n'est conductrice qu'à température élevée.

M. Keller utilise une sole armée (fig. 13) par des barres de fer qui reçoivent le courant; la sole est donc partiellement conductrice au début de l'opération; la température augmentant, elle l'est entièrement.

Four de Firminy. — Dans ce four, on a rendu la magnésie conductrice, dès la température ordinaire, par addition de goudron (10 %) et de graphite (10 %) en proportion assez faible pour

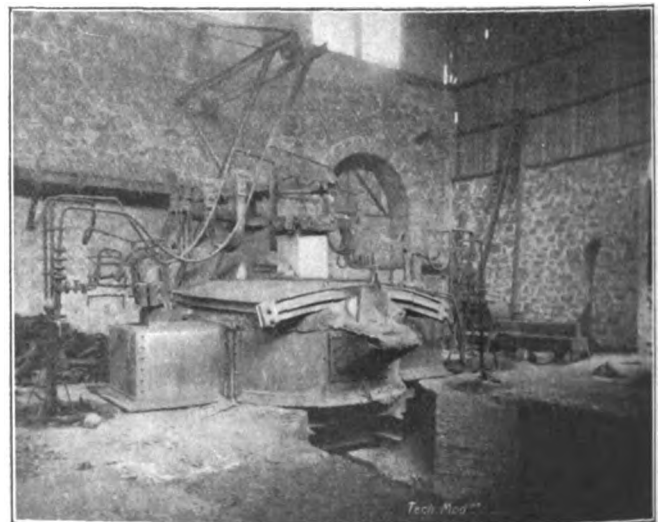


FIG. 12. — Four Chaplet de 7 tonnes, à deux queues, utilisé à l'aciérie électrique de la Société des Hauts-Fourneaux et Forges d'Allevard.

qu'il n'y ait pas de carburation du bain, du moins, après les premières coulées qui entraînent le goudron.

Four d'Imphy. — Ici on a réduit l'épaisseur de la sole autant qu'il a été possible de le faire; elle est constituée par du pisé dolomitique, légèrement carboné; cette sole s'appuie sur un ou plusieurs charbons reliés au courant.

Four de Levoz. — Citons encore la disposition de Levoz (fig. 14).

qui rappelle les petits convertisseurs : le bain est en profondeur, le courant agit sur la partie supérieure. Il entre par une électrode et sort par deux prises de courant placées sur le côté et faites en dolomie goudronnée.

Four de Nathusius. — Pour terminer, il faut indiquer le four de Nathusius, qui fonctionne à Friedenshütte.

C'est un four triphasé, à trois électrodes passant à travers la voûte. D'autre part, trois masses polaires sont noyées dans la sole en magnésie ; elles sont rejointes à un autre transformateur. Le four marche d'abord avec les électrodes. Ensuite, on peut mettre ces électrodes hors circuit et utiliser les masses polaires, qui permettent de chauffer la sole du bain.

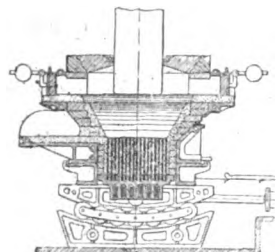


FIG. 13. — Dispositif du four Keller à sole conductrice.

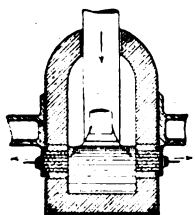


FIG. 14. — Dispositif du four de Levoz.

Nous n'avons signalé que les fours ayant déjà reçu la consécration de la pratique (fours Röchling, Stassano, Héroult, Keller, Girod, Chaplet, etc.) ou ceux actuellement en essai de façon sérieuse (fours Frick, Keller nouveau type, Firminy, Nathusius, etc.), ou enfin ceux présentant quelques idées nouvelles. Volontairement, nous avons laissé dans l'ombre la quantité innombrable de fours brevetés et non utilisés.

Jusqu'ici, nous n'avons parlé que des caractéristiques des différents fours ; il nous faut maintenant envisager leur fonctionnement et leur construction, en nous plaçant à un point de vue général.

COURANT UTILISÉ. — Les fours à induction fonctionnent sous de forts voltages et de faibles ampérages : le four Frick, des usines Krupp, fonctionne sous 4315 volts et 259 ampères au primaire ; le four Röchling, de Dommeldange, sous 3500 ampères. Les fours à deux arcs (Héroult) emploient 50 volts à chaque arc qui a environ 40 mm. de hauteur ; la machine doit donc donner un courant à 100 volts. Les fours à un arc (Chaplet, Girod, etc.) marchent sous 50 volts. Quant à l'ampérage employé, il dépend évidemment de la capacité du four.

Celle-ci varie énormément : on utilise couramment des fours de 3, 5, 7 et 10 tonnes ; nous avons vu, d'autre part, qu'il existait déjà des fours de 15 tonnes.

On peut admettre 400 kw. pour un four de 3 tonnes, 600 kw. pour un four de 5 tonnes, 800 kw. pour un four de 7 tonnes. Il faut donc de forts ampérages. On prend toutes les précautions nécessaires pour avoir le minimum de self-induction (conducteurs en lames minces placés côte à côte, les polarités alternant) et de courants de Foucault (pièces en plusieurs parties, dont les plans de raccordement sont parallèles au circuit, et séparées par des feuilles d'amiante).

Il est bien entendu qu'on peut faire des montages, aussi bien pour les fours à induction que pour ceux à arc, en utilisant le courant triphasé, mais l'on peut dire qu'actuellement la plupart des fours emploient du courant alternatif monophasé.

FORME GÉNÉRALE DU FOUR. — Nous avons vu que, dans les fours à induction, le métal était placé dans un canal formant spire, lequel, dans les fours modernes, s'élargit en formant un véritable laboratoire.

Dans les fours à arc, le four est formé généralement de deux parties : voûte et sole avec son récipient et ses montants. Sa forme est généralement celle d'un cylindre circulaire (Girod, Chaplet), parfois celle d'une caisse rectangulaire à fond cylin-

drique (Héroult). La sole est généralement assez creuse, les fours étant tous basculants. Elle est ordinairement basique, on la fait en pisée dolomitique (dolomie additionnée de goudron). En Allemagne cependant, et c'est là, à notre avis, une nouveauté qu'il faut regarder comme très importante, on utilise des fours à sole acide.

Les voûtes sont généralement en briques silico-alumineuses, quelquefois en briques basiques.

La forme des voûtes est variable : celles-ci sont assez souvent plates, comme dans le four de Héroult, parfois elles sont constituées de parties cylindriques, comme dans le four de Chaplet des usines d'Allevard. Elles sont mobiles, pour permettre les réparations qui sont fréquentes. Le trou de coulée se trouve nécessairement à la surface du four, et le système de soulèvement (hydraulique ou électrique) à l'opposé. Le four tourne autour d'un axe de pivotement (Chaplet, type d'Allevard) ou roule sur des berceaux (Girod, Héroult, Röchling). Les portes de chargement sont sur le côté.

Les électrodes sont fixées dans des porte-électrodes toujours à circulation d'eau et généralement en deux pièces. Ceux-ci sont joints au conducteur.

M. C. de Coussergues, dans son très intéressant mémoire (1), signale qu'à Romscheid les électrodes portent un logement de vis, où l'on place une vis en laiton qui possède un anneau de support et est rejointe aux câbles d'amenée de courant. Lorsque l'électrode est usée, on remplace cette vis par une vis en graphite et on fixe une électrode neuve après le bout trop court. Ceci permet d'user les électrodes jusqu'au bout.

Enfin, il faut attirer l'attention sur l'usure des électrodes ; c'est, nous le verrons, un point capital dans le prix de revient. Dans certains fours, on retire l'électrode au moment de la coulée ; dans la plupart, l'électrode bascule avec le four. Cette dernière méthode est évidemment bien supérieure ; lorsqu'on extrait l'électrode du four, toute l'extrémité, qui est à température très élevée, brûle et augmente l'usure et, de plus, une fausse manœuvre peut nuire énormément à la voûte, toujours un peu délicate. D'ailleurs, on s'est ingénié à trouver des moyens de protection des électrodes : on les couvre de tôles d'acier, ou on les badigeonne de silicate de soude et d'amianté que l'on maintient en place au moyen d'un grillage métallique. Ce sont là de petits tours de main très intéressants. Rappelons, en terminant, que l'usure des électrodes est naturellement fonction, dans une certaine mesure, de la quantité de courant qui passe par centimètre carré : on doit admettre environ 6 ampères par centimètre carré de section. On est ainsi conduit à réunir plusieurs électrodes, souvent quatre. Il serait à désirer que les faces des électrodes soient parfaitement dressées, sans quoi il se forme une véritable cheminée au centre et l'usure augmente.

Nous connaissons maintenant les principaux appareils employés en électrosidérurgie ; voyons comment nous pouvons les utiliser.

IV. — Fabrication de l'acier.

MARCHES UTILISÉES. — On peut se proposer trois marches différentes :

- 1° La marche en simple fusion, comme au creuset ;
- 2° La marche en fusion de riblons avec affinage ;
- 3° La marche en superaffinage, c'est-à-dire prendre un métal déjà affiné par les appareils métallurgiques ordinaires et en parfaire l'affinage au four électrique ;
- 4° La marche en affinage de fonte au minerai (*ore process*).

Examinons chacun de ces cas et étudions rapidement les réactions utilisées.

MARCHE EN SIMPLE FUSION. — Ici, rien de particulier à signaler : le four reçoit des matières froides, on les fond peu à peu ; l'atmosphère du four n'étant pas oxydante, il n'y a de réactions que par les impuretés apportées par les *scrap*s

(1) *Revue de Métallurgie*, Mémoires, juin 1909, p. 616.

(rouille, etc.). On est conduit à ajouter les quantités de fondants nécessaires pour éliminer les produits des réactions et les matières étrangères qui ont pu être introduites (un peu de terre, etc.). Bien entendu, on fera les additions finales ordinaires en proportion voulue. En somme, ici, le produit dépendra essentiellement des matières premières employées.

MARCHE EN AFFINAGE. — Dans la marche en affinage, la matière première est encore des riblons, mais leur qualité importe peu. On ajoute du minerai ou de la paille de fer (oxyde principalement formé de $\text{Fe}^{\circ}\text{O}^*$ provenant du laminage ou du forgeage) et de la chaux pour former un laitier. La charge se fait peu à peu.

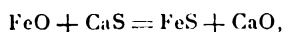
1^{re} Phase. — On met toute la force sur le four, il y a fusion, oxydation, d'où décarburation complète et déphosphoration. En même temps que le manganèse s'oxyde, il s'opère une première désulfuration et, enfin, une oxydation inévitable du fer. C'est là un point important sur lequel nous aurons à revenir plus loin.

On cherche, dans cette période, à éliminer, autant que possible, le carbone, le phosphore et le manganèse. On arrête cette partie de l'opération quand les éprouvettes criquent (preuve d'oxydation), mais plient à bloc après trempe (pas de carbone); le laitier obtenu est noir. Il doit peu travailler à la fin de l'opération.

2^e Phase. — Arrêt du courant et décrassage (un décrassage mal fait permettrait à du manganèse et à du phosphore de repasser dans le bain).

3^e Phase. — Décarburation partielle pour attendre la nuance voulue et désoxyder le bain : addition de carbone sur bain nu.

Ceci prépare à la désulfuration qui se fait sous forme de CaS (par l'addition de chaux); or, s'il reste FeO , on a :



et le FeS est soluble dans le bain.

4^e Phase. — Désoxydation et désulfuration.

On cherche à former le silicate bicalcique.

Pour cela, on peut procéder de différentes façons :

Addition de sable et de chaux avec ou sans fondant (spath fluor, bauxite).

De plus, addition de ferrosilicium, de ferromanganèse, de bioxyde de manganèse et de charbon.

Cette dernière addition agit comme désoxydant sur le bain.

Enfin, à la surface, on jette de temps en temps un peu de carbone. En effet, les oxydes qui se trouvent dans le bain (FeO , MnO) se répartissent entre le métal et la scorie, suivant la loi des masses; l'addition de carbone a pour résultat de faire repasser dans le bain le manganèse et le fer de la scorie; d'autre part, il se formerait un FeS soluble dans le bain, au détriment de CaS . La désulfuration exige donc un laitier désoxydé.

On a un laitier qui doit être blanc (pas de fer) et qui fuse. Ce laitier donne souvent à l'air l'odeur caractéristique de l'acétylène impur. Il peut, en effet, se former du carbure de calcium par action de C sur CaO . Il paraît admis que l'obtention de ce laitier blanc est caractéristique d'une bonne désoxydation.

5^e Phase : Mise au point de la teneur en carbone. — Cette mise au point se fait par recarburation. On peut employer des agglomérés de fonte et de charbon (carburite d'Héroult); des agglomérés de clous, de limaille de fonte, de charbon et de goudron, ou bien faire les additions ordinaires : spiegel, ferromanganèse.

Ceci n'exclut pas les additions de ferrosilicium avant la coulée et d'aluminium dans les lingotières.

Quant au second laitier (silicate bicalcique), il est coulé en même temps que le métal.

En résumé, dans la marche générale en affinage, cinq phases :

1^o Fusion et oxydation des impuretés (élimination de C , P et Mn , en partie de S); 2^o Décrassage; 3^o Recarburation partielle; 4^o Désoxydation et désulfuration; 5^o Mise au point du carbone.

De suite une question se pose : qu'y a-t-il de spécial dans cette marche au four électrique?

Il faut noter tout d'abord un point capital : le four électrique

a une atmosphère neutre. De là, comme le fait remarquer M. de Coussergues, l'emploi de laitiers, à teneur relativement élevée en fer, pour déphosphorer, à température aussi basse que possible. Mais ce n'est qu'un point secondaire.

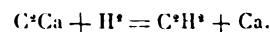
« L'enlèvement du soufre et de l'oxygène constitue la partie réellement originale des méthodes électriques par rapport aux autres procédés en usage dans les aciéries. »

La température élevée du four électrique permet, en effet, de faire usage de laitier extra-calcaire (silicate bicalcique) que l'on ne peut mettre en pratique dans les autres fours.

On a, de plus, invoqué des réactions particulières; nous indiquerons les principales :

On a signalé l'odeur de gaz sulfureux qui se dégage des fours à induction; le Dr Schmidt l'a attribué au mouvement vibratoire donné par le courant alternatif, mais on n'a rien remarqué de semblable dans les fours à arc. D'autres admettent la formation de sulfure de silicium, peu stable, provenant d'une marche avec addition importante de ferrosilicium.

De son côté, M. Geilenkirchen a pensé que le carbure de calcium pourrait concourir à l'enlèvement de l'hydrogène :



Enfin, nous devons insister sur la question de désoxydation: nous avons montré comment elle s'opère. Mais il faut, de plus, tenir compte de la température. Dans une certaine limite, il semble d'autant plus difficile de désoxyder que la température est plus élevée, probablement parce que le coefficient de solubilité de FeO augmente avec la température. Il y a intérêt à ne pas désoxyder lorsque le bain est trop chaud, ce qui est en contradiction avec l'emploi du laitier bicalcique qui nécessite, pour sa fusion, une température élevée. Ce point de la technique du four électrique n'est pas encore bien net.

Ne faut-il pas, d'ailleurs, voir dans l'adoption des fours à sole acide que nous avons déjà signalée, la recherche d'une plus grande facilité de désoxydation? On sait bien qu'il est plus facile de désoxyder dans un Martin acide que dans un Martin basique, et diverses usines, qui ont abandonné ce dernier appareil, ont été obligées d'y revenir pour diverses fabrications délicates, comme celle des éléments de canons. Ces soles acides des fours électriques sont faites dans les mêmes conditions que celles des fours Martin. Il faut d'ailleurs ajouter que les renseignements qui ont pu être recueillis sur ces marches en four acide, au moment du Congrès de Dusseldorf, ont été extrêmement brefs.

M. Arnou a donné (1) quelques compositions de scories que nous reproduisons :

	DÉBUT de l'opération	45 MINUTES avant la coulée	15 MINUTES avant la coulée	A LA COULÉE
SiO^*	59	68	68	77
MnO	8	3	4	2
FeO	12	8	8	25
CaO	20	20	19	18

Tel est l'état de la question de l'affinage des riblons au four électrique.

MARCHE EN SUPERAFFINAGE. — Nous avons dit que le four électrique ne présentait un intérêt particulier que pour achever la désulfuration et effectuer la désoxydation.

On peut donc admettre que la première partie de l'affinage (départ du carbone, du silicium, du phosphore et du manganèse) se fait dans un appareil métallurgique ordinaire : appareil Thomas ou four Martin. C'est là la marche en superaffinage. Le métal ne séjourne que peu dans le four électrique (2 h. 12 à 3 heures), la dépense est minime et l'amélioration du métal importante.

MARCHE EN AFFINAGE DE FONTE. — Jusqu'ici nous avons envi-

(1) *Revue de Métallurgie*, nov. 1910, p. 951.

sagé l'emploi de scraps comme matières premières. On a cherché à affiner la fonte par l'ore process au four électrique, notamment à Dommeldange. On a renoncé à cette opération; la consommation d'énergie était très grande et l'usure de la dolomie énorme.

On a remplacé cette marche par l'emploi de fonte déjà épurée dans un mélangeur actif; ceci ressemble singulièrement à la marche ordinaire en superaffinage; nous n'y ajouterons rien.

COMPARAISON DES FOURS UTILISÉS. — Il est bien difficile de se prononcer sur le type de fours qui paraît préférable.

On doit cependant faire remarquer que dans les fours à induction, le contact entre le laitier et le métal se fait mal, et que, de ce fait, la marche en affinage n'est pas facile.

De plus, ils perdent beaucoup de chaleur par rayonnement; l'usure des revêtements est considérable, par suite du mouvement du bain; enfin, la conductibilité du bain étant fonction de la température, le courant secondaire et le rendement sont variables. Les fours à arc ont, eux aussi, leurs défauts: la consommation en électrodes, leur réglage, qui se fait généralement à la main, quelquefois automatiquement, les courts-circuits dans les fours à plusieurs électrodes, etc. Toutefois, notre avis est que le four à induction ne paraît être qu'un appareil de fusion et non d'affinage.

PRIX DE REVIENT. — Le tableau suivant résume les chiffres publiés par M. Träsenster:

	CREUSET (Acierie importante)	CREUSET (Petite acierie)	FOUR électrique de 1,5 T.	FOUR électrique Chaplet 3 T.
Combustible . . .	35	80	»	»
Energie électrique .	»	»	800 kw. 80 hw.	950 kw.
Electrodes	»	»	6	»
Creuset.	20	100	»	»
Main-d'œuvre . . .	30	20	5	»
Entretien des fours.	20	20	10	»
	105	220	101	»

Le prix admis de 0 fr. 10 le kw.-h. est extrêmement fort. Cependant, il y a encore économie pour l'acierie électrique.

Au point de vue force motrice, on peut considérer actuellement:

1 000 kw.-h. à la tonne avec affinage et marche en riblons froids;
800 kw.-h. — en fusion et marche en riblons froids;
350 kw.-h. — en marche en superaffinage (on dit même être descendu à 100 kw. dans le four Héroult triphasé de 30 tonnes).

On peut admettre que le prix du kw.-h. est de :

0 fr. 01 au moyen de la force hydraulique en pays de montagne (parfois 0 fr. 009 et même 0 fr. 008; en Norvège, 0 fr. 006).

0 fr. 05 à 0 fr. 10 avec la vapeur.

0 fr. 02 à 0 fr. 05 avec le gaz de haut fourneau.

0 fr. 03 à 0 fr. 06 avec le gaz de gazogène.

Avec un four à une électrode, il faut compter 12 kg. d'électrodes par tonne. L'entretien du four s'élève à 6 ou 8 francs à la tonne. La main-d'œuvre à 5 ou 6 francs.

On arrive ainsi, en pays de montagne (le kilowatt valant 0,01) à environ 30 à 35 francs de frais de fabrication.

On voit combien on est loin du prix du creuset et qu'on peut rapprocher ce prix de revient de celui du Martin qui atteint souvent 30 francs et descend rarement au-dessous de 20 francs (frais de transformation). Mais il est entendu qu'il s'agit ici de pays de montagne, et il faut bien noter que les riblons y coûtent en général plus cher, à cause des frais de transport.

V. — Fabrication de la fonte.

Les essais exécutés pour réduire du minerai au four électrique en vue de la préparation de la fonte se résument à trois périodes :

En 1903, essais faits devant la Commission canadienne à La Praz par M. Héroult, à Livet par M. Keller.

Comme suite à ces essais, en 1907, à Sault-Sainte-Marie,

M. Héroult établit le four que nous avons décrit. Le coke y donne de mauvais résultats, le charbon de bois et la tourbe réussissent; mais on arrive à une consommation de courant (2.000 kw.) relativement élevée. Des essais semblables sont faits en Californie.

Enfin, la question est reprise en Norvège, à Domnarvjet, et paraît donner des résultats plus intéressants. Mais la force utilisée est de : 3 285 kw.-h. par tonne. La consommation de coke et de charbon de bois est de 282 kg.; celle de chaux de 100 kg. par tonne et celle des électrodes de 14 kg. par tonne.

L'appareil est un véritable haut fourneau : le creuset en magnésie a 2^m,40 de haut, 3^m,50 de diamètre; sa voûte est percée de quatre trous, dont trois laissant passer les électrodes et le quatrième la charge qui descend à travers une cuve de 5^m,20 de haut et de 2^m,50 de diamètre. Une partie de l'oxyde de carbone dégagé dans la réduction au creuset est utilisée. D'autre part, pour éviter le trop grand chauffage de la voûte du creuset et mieux assurer le passage du courant dans le fond du bain, un ventilateur aspire une partie du gaz du gueulard et la refoule dans la partie haute du creuset, refroidissant les matières et diminuant leur conductibilité.

VI. — Fabrication du fer en partant du minerai.

Cette fabrication avait été envisagée par M. Stassano, mais n'avait pas conduit à des conclusions économiques intéressantes.

La question vient d'être reprise dans les usines de la Société Néo-Métallurgique et du Giffre (1).

Le four utilisé est le type Chaplet que nous avons décrit et que la Société des Hauts-Fourneaux et Forges d'Allevard emploie pour la fabrication des aciers. On a pu y obtenir directement, en partant de différents minerais (hématite, magnétite, sidérose), du fer et des aciers de différentes nuances et cela avec du charbon de bois, du coke ou de l'anthracite; on peut aussi bien réduire le minerai en poudre que le minerai aggloméré ou en morceaux.

La marche adoptée a été la suivante : charge d'un laitier approprié, puis du mélange calculé, minerai et charbon. La réduction s'opère, le métal fond dans le voisinage de l'arc, filtre à travers le laitier et se réunit sur la sole où l'on fait la mise au point, suivant les méthodes ordinaires. La marche est discontinue.

M. Arnou indique que l'on arriverait aux prix de revient suivants :

1° Avec du minerai magnétite à 66-68 % de fer à 15 francs la tonne (usine près de la mine), dans un pays où le kw.-h. vaut 0 fr. 006, et le charbon de bois 60 francs), on atteindrait : 91 fr. 70 la tonne de fer;

2° Avec un minerai riche à 25 francs, de l'anthracite à 25 francs, on arriverait, pour la tonne de fer, à : 97 fr. 20 (le kw.-h. valant 0 fr. 006); 133 fr. 60 (le kw.-h. valant 0 fr. 02), et 172 fr. 60 (le kw.-h. valant 0 fr. 035).

Si des essais continus viennent confirmer ces chiffres, ce qui est à penser, les pays à chute d'eau qui possèdent du minerai seront particulièrement redevables au four électrique.

VII. — Qualité des aciers électriques.

Les aciers électriques bien fabriqués doivent être rapprochés des meilleurs aciers au creuset. Ils sont caractérisés :

- 1° Par des allongements et une résilience très remarquables;
- 2° Par une moindre quantité de gaz occlus (notamment H et Az);
- 3° Par l'absence de scories interposées;
- 4° Par une moindre déformabilité à la trempe.

Ils sont peut-être un peu plus faciles à surchauffer que les aciers Martin et paraissent se laminier plus aisément.

(1) G. ARNOU : *Revue de Métallurgie*, Mémoires, décembre 1910, p. 1190.

D'ailleurs, pour chiffrer ces qualités, nous reproduisons le tableau résumant l'étude que nous avons présentée au Congrès de chimie appliquée, tenu à Rome, en 1906. L'essai au choc dont il est question ici a été pratiqué sur des barettes entaillées du type Frémont; le chiffre inscrit est le résultat brut, ce n'est donc pas la résilience :

On est beaucoup mieux renseigné sur la statistique des fours existants; vers le milieu de 1910, il y avait 120 fours électriques en fonctionnement ou en installation. Ils se répartissent comme suit : 35 fours à induction, dont 21 en marche; 83 fours à arc, dont 51 en marche; 2 fours à arc et à résistance en marche.

MODE de préparation	ÉTAT du métal	ANALYSES CHIMIQUES							ESSAIS MÉCANIQUES : TRACTION				CHOC
		C	Mn	Si	S	Ph	Cu	As	R	E	A °.	Σ	
1 { Four électrique. Creuset	Recuit à 875°	0,030	0,00	0,100	0,015	0,008	0,053	0,064	32,2	?	32,5	65	23
	—	0,050	0,256	0,178	0,023	0,015	„	„	36,5	24,5	30,5	50	22
2 { Four électrique. Martin basique. Creuset	—	0,051	0,184	0,047	0,024	0,011	0,053	0,10	37,5	25,5	34	71,5	50
	—	0,062	0,225	0,095	0,018	0,021	„	„	35,3	21,2	29	54,3	23
	—	0,050	0,256	0,178	0,023	0,015	„	„	36,5	24,5	30,5	50,1	22
3 { Four électrique. Martin basique. Creuset	—	0,136	0,297	0,070	0,007	0,010	0,040	0,080	40,8	23,5	34	69	48
	—	0,142	0,330	0,055	0,052	0,023	„	„	39,3	22,5	27	48,2	24
	—	0,139	0,225	0,125	0,028	0,010	„	„	39,9	23,3	29	52,4	25
4 { Four électrique. Martin basique. Creuset	—	0,220	0,399	0,070	0,008	0,007	0,043	0,073	48,2	28	27,5	56,5	25
	—	0,205	0,445	0,152	0,062	0,091	„	„	47,5	26,3	26	43,6	20
	—	0,230	0,327	0,180	0,030	0,020	„	„	40,9	25,4	27	48,9	23
5 { Four électrique. Martin basique. Creuset	—	0,218	0,385	0,360	0,012	0,017	0,043	0,073	50,4	32,7	27	61,7	28
	—	0,205	0,445	0,152	0,062	0,091	„	„	47,5	26,3	26	43,6	20
	—	0,230	0,327	0,180	0,030	0,020	„	„	46,9	25,4	26	48,9	23

Le four électrique est, par excellence, l'appareil de la préparation des aciers spéciaux : il a tous les avantages du creuset : atmosphère neutre, absence de gaz, etc.; il n'en a pas les inconvénients : obtention de petites masses de métal, recarburisation par le graphite du creuset, nécessité d'emploi de matières très pures.

Mieux que le four Martin, le four électrique permet le dosage des différents éléments, Va, Cr, etc...; il conduit à une masse de métal plus homogène et sa haute température permet de préparer les aciers spéciaux à très forte teneur en éléments fondant à température élevée (aciers à 20-25 % de tungstène et 5-7 % de chrome; aciers à 18-20 % de chrome; acier T. C. K.) avec plus de facilité que tout autre appareil métallurgique. Il donne, à cause de sa précision, des résultats des plus intéressants avec les nouveaux types d'aciers au nickel et au chrome qui prennent la trempe à l'air et qui doivent, pour cela, être à la limite entre les aciers perlitiques et martensitiques; une très faible variation dans leur composition les fait passer dans une classe ou dans l'autre et leur fait entièrement changer de propriété.

Enfin, il faut attirer l'attention sur l'emploi du four électrique dans la fabrication des moulages : tout le monde sait que la qualité d'un moulage dépend du traitement thermique subi, mais encore faut-il que le métal soit sain, homogène, de qualité constante et renferme peu de scories. Le four électrique donne ces résultats mieux que tout autre appareil.

VIII. — Statistiques.

La quantité d'acier électrique fabriquée dans les différents pays est difficile à apprécier.

Au Congrès de Dusseldorf, Neumann a indiqué que l'Allemagne avait produit 19 536 tonnes, en 1908, et 17 773 tonnes, en 1909, d'acier électrique.

Dans cet ensemble, l'importance des fours d'origine française est à noter; il existait à la même époque : 34 fours Héroult, dont 19 en marche; 18 fours Girod (14 en marche); 6 fours Keller (4 en marche); 5 fours Chaplet (4 en marche), sans parler du four Schneider qui existe au Creusot, du four à induction en essai aux Usines Saint-Jacques de la Compagnie de Châtillon-Commentin-Neuves-Maisons, des fours de Firminy et d'Imphy.

CONCLUSIONS.

De tout cet exposé, on doit conclure que le four électrique a pris une importance considérable en sidérurgie.

Regardé d'abord comme devant simplement remplacer le four à creusets, puis comme un appareil des plus utiles dans les fabrications fines, notamment dans la fabrication des aciers spéciaux, il est maintenant, dans de nombreuses usines, le complément des appareils métallurgiques de grosse production : cornues Thomas et Bessemer, fours Martin. Ainsi qu'on l'a dit au récent Congrès de Dusseldorf, il ajoute aux qualités de la cornue l'appoint nécessaire pour soutenir la concurrence que lui fait le four à sole.

Le four électrique permettra donc plus de sécurité dans les fabrications demi-fines, comme le bandage et les tôles, ou même dans les fabrications communes, comme dans celle des rails, et, par généralisation, dans celle des profilés de construction. D'aucuns regretteront cette complication, se demanderont si ce n'est pas là superfétation; mais, en bons commerçants, la pensée que c'est le consommateur qui paie les consolera.

D'ailleurs, entraînés par le mouvement en avant, les retardataires seront, bon gré, mal gré, obligés de sourire à la fée électricité, même lorsqu'elle prend l'aspect un peu rébarbatif du four électrique. C'est la loi inéluctable du progrès.

CONFÉRENCES DE « LA TECHNIQUE MODERNE »

LA PRODUCTION ET LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES DU FROID

L'ENTREPÔT FRIGORIFIQUE

Par M. L. MARCHIS

Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

Sous la présidence de M. L.-P. CAILLETET, Membre de l'Institut.

§ 1. — INTRODUCTION.

L'installation et l'exploitation d'un entrepôt frigorifique nécessitent l'intervention d'un certain nombre de compétences. La salle des machines est du ressort de l'ingénieur-mécanicien; il doit construire et faire fonctionner, dans des conditions de sécurité aussi parfaites que possible, une installation mécanique capable de produire, d'une manière continue et durant plusieurs mois, les frigories nécessaires. Un ingénieur-architecte construit le bâtiment destiné à contenir les denrées soumises à l'action du froid; il en aménage les diverses parties, de façon à conserver dans chacune d'elles la température et l'état hygrométrique convenables. Un dernier spécialiste intervient: son rôle consiste à mettre les denrées dans l'ambiance qui leur est favorable. La pratique lui a fait connaître les règles à observer pour l'entrée, le séjour et la sortie des chambres froides; il sait les soins dont il faut entourer les produits pour leur conserver l'état de fraîcheur qu'ils avaient au moment où on les lui a confiés.

Une telle énumération des conditions de la réussite d'une installation de conservation par le froid montre à quelles études patientes, à quels essais souvent décevants, il a fallu se livrer pour permettre à l'industrie frigorifique de rendre les services qu'on attendait d'elle. C'est ce que n'ont pas toujours compris les protagonistes de cette industrie dans notre pays. Beaucoup d'entre eux, habiles mécaniciens, ne se sont pas rendu compte de l'importance d'une bonne installation des chambres froides. Ils ont su produire des frigories au moyen de machines bien construites; mais ils ont relégué au second plan les conditions de salubrité dans lesquelles ils devaient placer les denrées afin d'utiliser le mieux possible les frigories produites. Combien n'avons-nous pas vu d'entrepôts frigorifiques dans lesquels, attenantes à une superbe salle des machines, se trouvaient des chambres froides mal entretenues, aux parois suintantes d'humidité et capables de s'imprégner de mauvaises odeurs! Combien n'avons-nous pas vu de ces chambres dans lesquelles on plaçait côte à côte de la viande, des conserves, de la volaille et du gibier avec ses plumes ou son poil, des fruits, des produits de lai-

terie! L'ingénieur avait eu beau mettre toute sa science à réussir des machines à grand rendement et d'un fonctionnement sûr; l'ignorance et le manque de soins de l'architecte et du personnel chargé du service de la conservation faisaient sombrer rapidement l'entreprise.

Ce sont, entre autres causes, ces insuccès qui ont retardé le développement en France de l'industrie frigorifique. Certes, le froid industriel est né dans notre pays; mais il faut ajouter que c'est en Allemagne qu'il est devenu d'un emploi véritablement pratique. Grâce aux recherches d'une série d'ingénieurs éminents, parmi lesquels il faut citer le professeur *von Linde*, grâce aux qualités de méthode et d'expérimentation raisonnée que nous trouvons chez nos voisins, l'entrepôt frigorifique, véritable conservateur des denrées, est devenu une réalité. Il faut avoir visité les splendides installations de Cologne, de Francfort-sur-le-Mein, de Berlin et de Hambourg, pour se rendre compte des soins qui doivent être apportés à l'établissement et à l'exploitation de tels centres de conservation.

Heureusement quelques bons esprits l'ont compris en France. Des établissements modèles se construisent actuellement sur divers points du territoire. Je citerai, à Paris même, l'*Entrepôt frigorifique de la Bourse du Commerce*, dû aux plans d'un ingénieur particulièrement compétent en la matière, M. *Desvignes*. Dans l'exposé que je vais faire, j'aurai souvent l'occasion de prendre comme exemple cet entrepôt. Je le ferai d'autant plus volontiers que son directeur, M. *Malaquin*, l'un des pionniers de l'industrie du froid, se fera un plaisir de faire aux abonnés de *La Technique Moderne* les honneurs d'un établissement qui, sous son habile et compétente direction, ne tardera pas à égaler les plus beaux entrepôts de l'Allemagne.

L'étude, que je me propose ici, de l'installation d'un entrepôt frigorifique, comporte donc l'exposé des points suivants :

- a) *Production mécanique du froid; conditions de fonctionnement et de meilleur rendement des machines frigorifiques;*
- b) *Construction et aménagement des chambres froides; en particulier, mode d'isolation de ces chambres;*
- c) *Installations de refroidissement des chambres;*

d) *Conditions de conservation des denrées périssables; règles générales que l'on doit suivre pour assurer une bonne conservation.*

§ 2. — MACHINES FRIGORIFIQUES A COMPRESSION.

Les machines frigorifiques appartiennent à deux types :

1° *Les machines à compression;*

2° *Les machines à absorption.*

Le froid est toujours produit par la vaporisation d'un gaz liquéfié. Dans les machines à absorption, la vapeur est dissoute dans un liquide convenable, tel que l'eau pour l'ammoniaque. Dans les machines à compression, cette vapeur se rend dans un cylindre compresseur, qui la fait passer à l'état liquide. Nous ne nous occuperons ici que des machines à compression, qui sont actuellement les plus répandues.

D'après ce que nous venons de dire, une machine frigorifique à compression se compose essentiellement des organes suivants :

1° *Évaporateur ou Réfrigérant*, dans lequel un liquide très volatil, tel qu'un gaz liquéfié, se résout en vapeur en absorbant de la chaleur;

2° *Compresseur*, qui recueille les vapeurs venant de l'évaporateur, élève leur pression et leur température;

3° *Liquéfacteur*, dans lequel les vapeurs comprimées se liquéfient à une température convenable en dégageant de la chaleur;

4° *Valve de réglage*, qui permet au liquide de se rendre dans l'évaporateur.

Si on fait circuler un fluide autour de l'évaporateur, il se refroidit. Cet organe est donc la *source de froid* qui peut, nous le verrons plus loin, être utilisé de diverses manières. Quant au liquéfacteur, il est maintenu à une température sensiblement constante au moyen d'un courant d'eau qui circule autour de lui; ce courant d'eau absorbe la chaleur dégagée par l'agent frigorifique au moment de sa liquéfaction.

L'agent frigorifique, qui se transforme ainsi en revenant à son état initial, est le plus souvent constitué par l'un des corps suivants :

1° *Ammoniaque;*

2° *Anhydride sulfureux;*

3° *Anhydride carbonique.*

Quand on veut calculer une machine frigorifique fonctionnant avec l'un des corps précédents, il est nécessaire de connaître les tensions de vapeur, les volumes des unités de poids du liquide et de sa vapeur, les chaleurs de vaporisation, les chaleurs spécifiques sous pression constante du liquide. Toutes ces constantes sont aujourd'hui connues grâce aux belles expériences de MM. *Cailletet* et *Mathias*, de M. *Amagat* sur l'anhydride sulfureux et sur l'anhydride carbonique, grâce aussi aux travaux de *Zeuner* et de *Mollier* sur l'ammoniaque.

Ces travaux de laboratoire, dont l'importance est considérable au point de vue industriel, permettent de discuter théoriquement les deux modes de fonctionnement du compresseur, connus sous les noms de *fonctionnement en régime humide* et de *fonctionnement en régime sec* ou à *surchauffe*.

Dans la marche en *régime humide*, la vapeur, venant de l'évaporateur, entre dans le compresseur chargée d'une quantité de liquide suffisante pour que cette vapeur soit saturée et sèche à la fin de la compression.

Dans la marche en *régime sec* ou à *surchauffe*, la vapeur entre saturée et sèche dans le compresseur; à la fin de la compression, elle est surchauffée.

Considérons une machine frigorifique qui fonctionne dans les conditions suivantes :

Température du liquide frigorifique dans le réfrigérant	— 10° C.
Température à laquelle se fait la condensation ou température du liquide frigorifique à l'entrée du condenseur	+ 24° C.
Température du liquide frigorifique à la sortie du condenseur avant la valve de réglage	+ 11° C.

La théorie thermodynamique du fonctionnement en régime sec du compresseur conduit aux résultats suivants :

La quantité de chaleur absorbée au réfrigérant (ou le nombre de frigories dégagées par le réfrigérant) par mètre cube de vapeur saturée sèche aspirée par le compresseur est :

Pour l'ammoniaque	700 calories.
Pour l'anhydride sulfureux	263 —
— — carbonique	3 544 —

Il résulte immédiatement de là que, si la quantité de chaleur absorbée au réfrigérant est égale à 1 000 calories, le volume que doit, pour produire cet effet, engendrer le piston dans le compresseur est :

Pour une machine à ammoniaque	1 m ³ ,430
— — anhydride sulfureux	3 m ³ ,800
— — anhydride carbonique	0 m ³ ,282

On voit déjà que, par ordre de grandeur du volume du compresseur, on peut, de la manière suivante, ranger les machines frigorifiques :

Machines à anhydride sulfureux	13,50
— ammoniaque	5,00
— anhydride carbonique	1,00

D'autre part, le nombre de chevaux-heures indiqués qu'il faut fournir au compresseur par mètre cube de vapeur saturée et sèche aspirée est :

Pour l'ammoniaque	0,1546 chev.-h.
— l'anhydride sulfureux	0,0581 —
— — carbonique	1,0080 —

Le travail indiqué qui doit être fourni à la machine pour absorber 1.000 calories est donc :

Machines à ammoniaque	0,2211 chev.-h.
— anhydride sulfureux	0,2206 —
— — carbonique	0,2842 —

Le rendement thermique indiqué, mesuré par le nombre de calories absorbées au réfrigérant par cheval-heure indiqué fourni au compresseur, a pour expression :

Machines à ammoniaque	4 525 calories.
— anhydride sulfureux	4 525 —
— — carbonique	3 520 —

En réalité, le volume d'un compresseur et le nombre de calories à absorber au réfrigérant (ou de frigories dégagées par lui) sont supérieurs aux valeurs théoriques que nous venons d'indiquer.

Il convient, en effet, de tenir compte, dans la pratique, de certaines diminutions du rendement dues :

a) *A l'existence de l'espace nuisible*, c'est-à-dire à l'espace compris entre la base du cylindre et la surface du piston à fond de course;

b) *À la dépression à l'aspiration*, c'est-à-dire aux pertes de charge résultant, d'une part, de la résistance des conduites venant de l'évaporateur, et d'autre part de celle de l'ouverture de la soupape ;

c) *À la surpression au refoulement*, c'est-à-dire à la surpression que doit avoir le fluide au moment de l'ouverture de la soupape de refoulement, afin de vaincre la résistance de l'ouverture de la soupape et celle des conduits allant au liquéfacteur ;

d) *À la non-étanchéité du compresseur* (pistons, soupapes, presse-étoupes, etc.).

Si nous montons un indicateur sur un compresseur de machine frigorifique, le diagramme réel est, pour toutes ces causes, assez différent du diagramme théorique. L'influence d'un trop grand espace nuisible est surtout marquée pour les machines fonctionnant en régime humide, la vaporisation du liquide retardant l'ouverture de la soupape d'aspiration.

Si on part de diagrammes pris en essais avec marche en surchauffe dans les conditions indiquées plus haut, on obtient pour les rendements thermiques indiqués les valeurs suivantes :

Machines à ammoniaque et à anhydride sulfureux : 3 500 à 3 900 calories par cheval-heure indiqué.

Machines à anhydride carbonique : 3 000 à 3 200 calories par cheval-heure indiqué.

Mais le travail indiqué mesuré au compresseur ne représente pas le travail total consommé dans une installation frigorifique. Celui-ci est cependant le seul qui ait de l'intérêt pour l'acheteur ; il est vrai qu'il s'obtient en ajoutant au travail indiqué, mesuré au compresseur, divers travaux, qui dépendent surtout de la disposition générale de l'installation et de son importance, mais fort peu du type du compresseur. Parmi ceux-ci, il faut signaler :

a) Le travail des résistances passives de l'ensemble formé par le compresseur et la machine qui le commande ;

b) Le travail dépensé dans l'actionnement des agitateurs du condenseur et du réfrigérant ;

c) Le travail des pompes pour la condensation, la circulation d'eau salée ;

d) Le travail des ventilateurs produisant la circulation de l'air froid dans les chambres.

Pour une installation de 100 000 frigories à l'heure avec les températures indiquées plus haut au réfrigérant et au condenseur, on ne doit pas compter sur plus de 2 000 à 2 200 frigories par cheval-heure de travail effectif dépensé dans l'installation. Quand l'eau de réfrigération du condenseur est assez froide pour ne pas laisser s'élever au delà des limites indiquées la température dans le liquéfacteur, ce rendement est indépendant de l'agent frigorifique utilisé.

Nous avons défini plus haut les deux modes de fonctionnement du compresseur, caractérisés par les dénominations de *régime humide* et de *régime sec*. Avec les machines à anhydride sulfureux, le régime sec est seul admissible ; si, en effet, on aspire de la vapeur humide, il se dépose dans le cylindre du compresseur une masse grise, analogue à de l'émeri, qui produit l'encrassement des soupapes.

Avec les machines à ammoniaque, le régime humide est suffisant lorsque le fonctionnement est intermittent, comme cela se produit en hiver. Mais dans les mois d'été, où l'installation marche nuit et jour à pleine charge, le fonctionnement en régime sec, qui correspond à un meilleur rendement indiqué, est préférable.

D'autre part, l'évaporateur est le plus souvent dans le bain salé du bac à glace ; celui-ci constitue alors un régulateur automatique de la production du froid dans les installations, comme les

brasseries, où la consommation du froid est très variable aux diverses heures. Cet évaporateur doit être alors rempli aussi complètement que possible de liquide frigorifique. Cela n'est pas un inconvénient dans la marche en régime humide. Dans la marche en régime sec, cette condition implique l'installation, entre l'évaporateur et le compresseur, d'un séparateur de liquide ; celui-ci revient à l'évaporateur soit sous l'action de la gravité, soit mieux par l'effet d'une pompe. Un tel séparateur est installé sur toutes les machines Linde à ammoniaque ; le mélange, très chargé de liquide, qui sort de l'évaporateur, y passe dans la marche en surchauffe ; un robinet interrompt ce trajet dans la marche avec vapeur humide.

Lorsque le régime uniforme est réalisé, la masse d'agent frigorifique qui, au travers de la valve régulatrice, se rend dans un temps donné à l'évaporateur, doit être égale à celle que le compresseur aspire dans l'évaporateur et à celle qu'il envoie au liquéfacteur. Il faut pour cela que la valve régulatrice ait une ouverture convenable ; si celle-ci est trop grande ou trop petite, il peut y avoir accumulation de l'agent frigorifique dans l'évaporateur au détriment du liquéfacteur ou inversement. C'est au mécanicien à surveiller l'ouverture de cette valve. Heureusement, les machines frigorifiques sont, dans une certaine limite, *autorégulatrices*, surtout dans le fonctionnement en régime humide.

Dans le fonctionnement avec surchauffe, l'autorégulation se caractérise par une diminution de la pression d'aspiration, lorsque le liquide frigorifique tend à trop diminuer dans l'évaporateur ; la vapeur cesse d'être saturée avant la soupape d'aspiration ; une moindre masse est aspirée par le compresseur et envoyée au liquéfacteur. Mais cette autorégulation se fait au détriment de l'effet frigorifique produit. Il est donc bon que le mécanicien ait une règle simple qui lui permette de surveiller le fonctionnement du compresseur. M. Döderlein a proposé la suivante :

Tuyaux d'aspiration blancs (Saugrohre weiss) ;

Tuyaux de refoulement brûlants (Druckrohre heiss).

En fait, la température du fluide comprimé ne doit pas dépasser, pour les machines à ammoniaque, 100 à 110° à la fin de la compression.

Enfin, dans la marche à surchauffe, il est préférable de réaliser le fonctionnement automatique de la valve placée entre l'évaporateur et le compresseur. Divers systèmes ont été proposés. Signalons l'appareil de Döderlein⁽¹⁾. Il consiste en un robinet à noyau central rotatif. Ce noyau est formé de trois chambres qui peuvent communiquer alternativement soit avec le séparateur de liquide, soit avec le liquéfacteur, soit avec l'évaporateur ; ces chambres portent des conduits sur leurs couvercles supérieur et inférieur. Lorsqu'une des chambres communique, par sa partie inférieure, avec le séparateur de liquide, celui-ci se rend dans la chambre : en même temps, celle-ci communique, par sa partie supérieure, avec l'aspiration, et les vapeurs entraînées par le liquide et venant du séparateur retournent vers le compresseur. La chambre contenant le liquide du séparateur (liquide secondaire, suivant la dénomination de Döderlein) vient, par la rotation du robinet, se mettre en communication avec le liquéfacteur ; du liquide (liquide primaire, suivant la dénomination de Döderlein) s'écoule de ce dernier et vient remplir la chambre. Enfin, celle-ci entre en communication avec le réfrigérant ; le mélange des deux

1) G. DÖDERLEIN : Nasser und trockener Compressorgang mit selbsttätigem Regel-Verfahren des Kompressions-Kaltdampfmaschinen. (Mémoires présentés au premier Congrès international du froid, t. II, p. 358.)

liquides, primaire et secondaire, sous une pression plus élevée que celle qui règne au réfrigérant, s'écoule dans ce dernier. On voit facilement que, si le réfrigérant contient une masse notable de liquide, si le mélange aspiré par le compresseur est très humide, une grande quantité de liquide est abandonnée dans le séparateur; les chambres, recevant beaucoup de liquide secondaire, laissent entrer peu de liquide primaire et inversement. Avec cet appareil, il ne peut y avoir ni trop-plein, ni baisse exagérée de liquide dans l'évaporateur; le liquéfacteur ne peut se vider.

La marche normale des compresseurs tend à être accélérée. Autrefois, les compresseurs fonctionnaient à 100 tours à la minute pour les petits modèles, et 60 tours pour les grands; aujourd'hui les grands compresseurs eux-mêmes font de 100 à 120 tours à la minute, et certains petits compresseurs marchent à 300 et même à 500 tours à la minute. On peut de cette manière réduire le volume du compresseur et le coupler directement à des moteurs à grande vitesse. Mais il faut, soit agrandir les sections de soupapes et par suite recourir à des types spéciaux de soupapes légères, soit multiplier le nombre des soupapes.

On a cherché à réduire l'effet frigorifique produit par le compresseur en diminuant l'aspiration. Les seuls modes de régulation qui ont été appliqués sont les suivants :

1° *Robinet-valve permettant de supprimer l'aspiration sur une des faces du piston* (compresseurs à double effet). Le compresseur Engelhart à Fürth présente un tel dispositif⁽¹⁾;

2° *Agrandissement artificiel de l'espace nuisible*. — Dans ses compresseurs à anhydride sulfureux, Borsig réalise ce mode de réglage au moyen d'un cylindre auxiliaire placé sous le cylindre principal; ce cylindre auxiliaire contient deux pistons que l'on déplace à la main au moyen d'une tige filetée commune⁽²⁾.

Le type classique des compresseurs à ammoniaque est le type *Linde*, à double effet, avec ses fonds de cylindre sphériques, dans lesquels sont logées les soupapes d'aspiration et de refoulement. Le piston, en deux parties avec joint annulaire en caoutchouc, présente des segments avec soutien élastique entre ceux-ci et le corps du piston. Les soupapes sont à plateaux d'acier et à sièges soigneusement ajustés en fonte ou acier fondu. Le jeu de la soupape d'aspiration est limité par un ressort en spirale à l'extrémité et par une butée avec coussin d'air au milieu de la tige; un pont, placé entre cette butée et le plateau, empêche la soupape de tomber à l'intérieur du cylindre en cas de rupture. Le jeu de la soupape de refoulement est limité par un ressort à boudin long et à pas serré, afin que la résistance du ressort n'augmente que peu à la compression.

L'étanchéité du presse-étoupes est d'une importance capitale. Le type classique *Linde* comprend de chaque côté d'une lanterne en relation avec l'aspiration, des successions d'anneaux en tresses de coton ou des rondelles de caoutchouc. A l'extrémité extérieure se trouve une lunette formant gaine d'huile; celle-ci est entraînée par la tige à l'intérieur du cylindre. Dans certains types, la lanterne est alimentée d'huile⁽³⁾.

Aux *Glacières de l'Alimentation* à Paris, il y a un compresseur double *Linde* constitué par deux cylindres compresseurs montés sur un bâti commun. Chaque cylindre compresseur présente 8 soupapes (4 d'aspiration et 4 de refoulement); ces soupapes

sont à grande section et à faible levée avec ressorts de chocs. La vitesse de rotation peut ainsi atteindre 180 tours à la minute. La puissance frigorifique normale de chacun de ces compresseurs est égale à 275 000 frigories effectives à l'heure; la puissance absorbée est égale à 92 chevaux effectifs avec de l'eau de condensation en quantité suffisante à une température initiale de + 10°.

La Société *Fixary* construit, pour le fonçage des puits de mines, des machines frigorifiques analogues, dont les compresseurs ont des puissances frigorifiques allant jusqu'à 330 000 frigories-heure.

La nécessité d'avoir un presse-étoupes parfaitement étanche a conduit quelques constructeurs à ne faire agir sur celui-ci que la pression de la tuyauterie d'aspiration. Dans la solution adoptée par *Lebrun*, le cylindre à double effet est remplacé par deux cylindres à simple effet opposés, dont les pistons sont montés dans le prolongement l'un de l'autre et séparés par un récipient formant bâti. Les deux pistons sont réunis à un cadre, dans lequel glissent dans le sens vertical les coussinets d'un arbre coudé, entraîné par une machine extérieure au bâti. Toutes les pièces frottantes tournent dans l'huile, et la pression sur le presse-étoupes de l'arbre coudé n'est que celle de l'aspiration de la machine; en effet, la cloche remplie d'huile, dans laquelle tourne cet arbre, est en relation avec l'aspiration; si, lors de la compression, les vapeurs d'ammoniaque passent dans cette cloche, elles sont immédiatement aspirées⁽⁴⁾.

Une autre solution est celle du compresseur *Sterne*. Deux cylindres à simple effet sont placés sur un même bâti en face l'un de l'autre, et de manière que leurs axes soient exactement dans le prolongement; dans ces deux cylindres se meut un piston aux extrémités desquels se trouvent les soupapes d'aspiration. Le piston est creux et les vapeurs d'ammoniaque arrivent d'abord dans une chambre annulaire disposée entre les deux cylindres, puis passent, par l'intérieur du piston, dans les cylindres du compresseur. Le mouvement du piston est produit par deux tiges latérales, dont les presse-étoupes ne supportent que la pression d'aspiration⁽⁵⁾.

Comme nous l'avons vu plus haut, les compresseurs à anhydride sulfureux ont, à effet égal, une cylindrée beaucoup plus grande que celle des compresseurs à ammoniaque. Si le rapport du diamètre du piston à la course est le même que pour ces derniers, il peut en résulter, pour les compresseurs de grandes dimensions et à grande vitesse, des difficultés de marche. Mais, à cause du faible écart entre les tensions à l'aspiration et au refoulement (5 et 1 atmosphères), on peut choisir des diamètres de piston et de soupapes plus grands, c'est-à-dire réduire le rapport entre la course et le diamètre du cylindre; on peut ainsi maintenir la vitesse linéaire du piston dans des limites favorables. Les compresseurs à anhydride sulfureux sont d'ailleurs analogues aux compresseurs à ammoniaque. Toutefois, pour éviter la trop grande élévation de température du piston et du presse-étoupes, on refroidit celui-ci par un courant d'eau ainsi que la tige du piston; on obtient en même temps sur les surfaces à lubrifier, un dépôt en gouttelettes d'anhydride sulfureux liquide qui sert de lubrifiant. Le cylindre lui-même est pourvu d'une enveloppe avec chemise d'eau; l'eau traverse en général d'abord le presse-étoupes et la tige pour finir par l'enveloppe du cylindre.

Pour les compresseurs à anhydride sulfureux marchant à grande

(1) LORENZ et HEINEL : *Machines frigorifiques*, p. 76.

(2) LORENZ et HEINEL : *Loc. cit.*, p. 98.

(3) L. MARCHIS : *Production et utilisation du froid*, p. 105.

(4) L. MARCHIS : *Loc. cit.*, p. 118.

(5) L. MARCHIS : *Loc. cit.*, p. 120.

vitesse, on emploie des soupapes légères, telles que les soupapes à plateaux légers avec tube servant de guide de *Schächterman* et *Kramer* ⁽¹⁾, ou les clapets *Gutermuth*, constitués par une tôle d'acier enroulée en spirale par l'un de ses bouts et fixée par un tourillon ⁽²⁾.

Les machines à anhydride carbonique fonctionnent à haute pression [60 kg/cm² dans le liquéfacteur; 30 kg/cm² dans l'évaporateur]. Aussi, alors que pour les compresseurs à ammoniacque et à anhydride sulfureux on peut se contenter de fonte fine, est-il nécessaire, pour les cylindres des compresseurs à anhydride carbonique, d'employer l'acier forgé; ces cylindres doivent d'ailleurs être essayés à des pressions supérieures à 250 kg par centimètre carré. Le piston est d'une seule pièce avec cuirs emboutis. Le presse-étoupes est constitué par des bagues en bronze et cuir emboutis avec caoutchouc; quelquefois, et surtout lorsque la marche a lieu en régime sec, il est à garnitures entièrement métalliques. La lanterne peut communiquer soit avec l'aspiration, soit, comme dans le compresseur *Hall*, avec un cylindre latéral, qui y envoie de la glycérine à une pression légèrement supérieure à la plus grande pression de l'anhydride carbonique dans le compresseur; la glycérine peut alors passer dans le compresseur, mais le gaz carbonique ne peut pas s'échapper au travers du presse-étoupes ⁽³⁾.

Dans les grands compresseurs, qui tournent au maximum à 110 ou 120 tours par minute, les soupapes sont disposées latéralement sur les parois du compresseur. La *Société du Froid Industriel* construit de petits compresseurs, tournant de 300 à 500 tours par minute, dans lesquels la soupape est dans le piston ⁽⁴⁾.

Les condenseurs et les réfrigérants sont généralement constitués par des serpentins. Pour les condenseurs, ces serpentins sont, ou bien plongés dans une cuve d'eau courante (condenseurs à immersion); ou bien refroidis par la vaporisation d'eau ruisselant sur les tuyaux (condenseurs à ruissellement). On construit également des condenseurs-récipients, dans lesquels l'eau de refroidissement circule dans le serpentin (au lieu de se répandre autour de lui); l'agent frigorigène se condense alors dans le récipient disposé autour du serpentin. Certaines firmes emploient également des condenseurs tubulaires verticaux ou horizontaux, des condenseurs à doubles tuyaux.

L'ensemble d'une installation de machine frigorigène est complété par l'adjonction d'un séparateur d'huile, d'un collecteur du gaz dissous dans l'huile (cas d'une machine à ammoniacque).

La commande des compresseurs frigorigènes se fait généralement au moyen de machines à vapeur accouplées directement ou par courroie avec le compresseur ⁽⁵⁾. Au *Frigorifique de la Bourse du Commerce* à Paris, quatre chaudières *Babcock et Wilcox* [72 m² de surface de chauffe; surchauffeurs de 19 m²] peuvent fournir

chacune 1 200 kg de vapeur surchauffée à l'heure, sous une pression de 12 kg/cm² et à une température de + 325°; ces chaudières sont pourvues de grilles mécaniques *Babcock et Wilcox*, à chargement automatique par le haut et à fumivorité absolue. Ces chaudières alimentent :

a) D'une part, trois groupes moteur-compresseur, à double expansion et à surchauffe, du type *Robey*, avec compresseur à ammoniacque *Linde* de 80 000 frigories-heure;

b) D'autre part, un groupe moteur-compresseur, composé d'une machine à vapeur *Sulzer* à double expansion et à surchauffe, qui actionne un compresseur d'ammoniacque, système *Linde*, pour marche accélérée et avec surchauffe, pouvant produire de 160 000 à 180 000 frigories à l'heure, suivant que l'on marche sans surchauffe ou avec surchauffe.

Les progrès que l'on a faits dans la construction des gazogènes permettent de compter sur une commande des compresseurs au moyen de moteurs à gaz pauvre. Mais il faut pour cela que l'on fournisse au moteur un gaz bien débarrassé de ses poussières et de ses goudrons; il faut, de plus, que la cuve du gazogène soit construite de manière à permettre une marche en allure froide, seule capable de conserver pendant plusieurs années les revêtements réfractaires. Les gazogènes *Fichet et Heurtey*, à décrassage mécanique par sole tournante, répondent à ces conditions d'une marche continue de plusieurs années sans arrêt pour réfection de la garniture réfractaire et de bonne épuration du gaz pauvre produit. Ils font déjà fonctionner avec succès un certain nombre d'installations frigorifiques.

Enfin, on rencontre certaines installations dans lesquelles les compresseurs sont actionnés par des dynamos; citons le *Frigorifique du nouvel abattoir de Nancy* construit par la firme *Fixary*, l'*entrepôt frigorifique d'Epinay* dû aux plans des ingénieurs de la maison *Delaunay-Belleville*.

§ 3. — CONSTRUCTION DES CHAMBRES FROIDES.

Nous savons produire industriellement les frigories. Il s'agit maintenant de les utiliser pour la conservation des denrées dans un entrepôt frigorifique. Comme il a été dit en débutant, cette partie de l'application industrielle du froid a été longtemps mal comprise dans notre pays, et c'est là, peut-être, la cause la plus grave du peu de développement de cette industrie. La construction d'un entrepôt frigorifique demande, en effet, des compétences spéciales. Or, parfois, on s'est adressé, d'une part, à une excellente maison de constructions mécaniques, qui a fourni des compresseurs fournissant le nombre convenable de frigories-heure; et d'autre part, on a confié la construction des chambres froides à un architecte quelconque, ignorant les conditions de l'installation. De là sont résultés des insuccès, qui ont fait le plus grand tort à l'industrie frigorifique.

Les chambres froides d'un entrepôt doivent en effet remplir une condition essentielle, celle d'un *parfait isolement*. Il est indispensable, pour la bonne conservation des denrées, de soumettre celles-ci à des *variations de température et d'état hygrométrique aussi faibles que possible*. On ne le répétera jamais trop. L'état thermique et l'état hygrométrique doivent être sensiblement les mêmes en tous les points d'une chambre; de plus, ils doivent être aussi peu variables que possible avec le temps. Or, de telles conditions ne peuvent être réalisées qu'avec un bon isolement. Nous sommes ainsi amenés à rechercher quelles sont les conditions que doit remplir un bon isolant pour chambre froide :

1° Il doit être très mauvais conducteur de la chaleur. Si une

(1) LORENZ et HEINEL: *Loc. cit.*, p. 83.

(2) L. MARCHIS: *Loc. cit.*, p. 139.

(3) L. MARCHIS: *Loc. cit.*, p. 124.

(4) *La Technique Moderne*, t. II, n° 2, février 1910.

(5) Aux *Glacières de l'Alimentation*, la machine à vapeur *Sulzer*, du type compound-tandem, à deux cylindres de 330 mm et 550 mm de diamètre avec une course de pistons de 900 mm, est établie pour pouvoir fonctionner indifféremment avec de la vapeur saturée ou surchauffée, sous une pression à l'admission de 9 kg/cm². Les cylindres sont pourvus de chemises à vapeur. La distribution se fait par soupapes équilibrées à 4 sièges. Un régulateur très sensible peut faire varier automatiquement l'admission au cylindre haute pression entre 0 et 50 % de la course. Le volant est établi pour un degré d'irrégularité de 1/120. La condensation est en sous-sol. Tous les organes sont lubrifiés automatiquement. La puissance normale du moteur est de 200 chevaux effectifs.

couche peu épaisse de l'isolant suffit pour obtenir un bon isolement, il en résulte une économie d'espace et une économie de matière à mettre en œuvre pour arriver à ce résultat;

2° *Il doit avoir un faible poids spécifique.* Cette condition a son importance, à cause de la réduction des frais de transport jusqu'au pied-d'œuvre et de la possibilité de faire des économies sur les dépenses de construction en édifant des bâtiments plus légers;

3° *L'isolant doit être exempt d'odeur et ne doit pas être putrescible, même quand il est humide.* Les denrées absorbent, en effet, très facilement les mauvaises odeurs provenant de la fermentation des isolants et deviennent impropres à la consommation. Aussi doit-on rejeter les substances telles que la paille de riz, la paille hachée, la paille d'avoine, les agglomérés de liège faits avec des substances fermentescibles;

4° *L'isolant doit absorber autant que possible les mauvaises odeurs* qui peuvent se dégager dans les chambres et les rendre moins nuisibles. A ce titre, la tourbe peut rendre parfois de grands services;

5° *L'isolant ne doit pas être hygroscopique.* Il ne doit pas absorber et retenir l'humidité, susceptible de lui faire perdre ses propriétés mauvaises conductrices. La laine minérale, sorte de verre filé provenant de la scorie des hauts-fourneaux doit, à cause de ses propriétés hygroscopiques, être employée avec des précautions spéciales;

6° *Quand, par suite de certaines circonstances (rupture d'un tuyau d'eau, etc.), un isolant est mouillé, il doit pouvoir se sécher facilement et retrouver ensuite ses propriétés mauvaises conductrices;*

7° *Les substances isolantes ne doivent pas attirer les parasites (souris, rats, etc.), ni offrir aux microbes un bon terrain de culture;*

8° *Les substances isolantes doivent être incombustibles ou tout au moins ne pas propager la combustion commencée en un point de leur masse.* Un certain nombre d'agglomérés de liège possèdent cette propriété;

9° *Une fois mises en place dans les bourrages qui constituent les matelas isolants soit à l'extérieur, soit à l'intérieur des murs, les substances isolantes ne doivent pas se tasser et produire ainsi dans l'isolement des solutions de continuité.* Les divers charbons de bois, désignés sous le nom de *charcoal*, présentent cet inconvénient, quand ils sont employés sans précautions spéciales;

10° *Les substances isolantes ne doivent pas attaquer les parties en bois, en fer ou en maçonnerie, qui sont en contact avec elles;*

11° *Les substances isolantes doivent présenter les plus grandes facilités pour le façonnage et l'application contre les parois des chambres. Elles doivent présenter une certaine résistance à la flexion et à l'écrasement;*

12° *L'isolant ne doit pas perdre ses qualités avec le temps.*

Ces conditions multiples montrent que le choix d'un bon isolant n'est pas toujours chose aisée. Cependant, un grand nombre de firmes fabriquent actuellement des agglomérés de liège, qui donnent toute satisfaction. Au *Frigorifique de la Bourse du Commerce*, on a employé des panneaux de liège aggloméré avec de la poix inodore [lièges imprégnés de Ludwigshafen, Wanner, marque Reforme] qui laissent passer environ 7/100 à 8/100 de calorie par heure, par mètre carré et pour une différence de un degré entre les deux faces de la plaque distantes de 1 mètre [coefficient de conductibilité augmenté de 15 %, afin de tenir compte des conditions de la pratique]. L'épaisseur des isolants est égal à 24 cm pour les parois, plafonds et planchers; à 16 cm

pour les cloisons séparatives des chambres; le tout est recouvert d'un ciment armé de 3 cm d'épaisseur. Le plancher, qui sépare l'étage supérieur de l'étage inférieur, est en fer et béton armé, avec revêtement en plaques de liège et dallage en ciment armé, pour éviter les condensations (1).

En outre, dans certaines salles, le revêtement intérieur est fait avec des carreaux en faïence, du type dit *Métropolitain*. On a ainsi une surface vernissée, facilement nettoyable et peu propre au développement des microorganismes. De tels revêtements se rencontrent dans tous les frigorifiques bien installés et particulièrement dans les chambres froides pour la conservation de la viande.

Une telle construction des parois de chambres froides constitue certainement de grandes dépenses de première installation. Mais l'industriel, qui établit un entrepôt frigorifique, ne doit pas oublier qu'une telle construction ne souffre pas la médiocrité. Quand elle est faite avec tous les soins désirables, l'exploitation se fait dans les meilleures conditions, et ses bénéfices ne tardent pas à amortir les frais de premier établissement. Si, au contraire, une isolation est faite au rabais, avec des matériaux de qualité inférieure, l'exploitation périlite rapidement par suite des mauvaises conditions de conservation des produits. Dans certains cas, ces isolations mal faites doivent même souvent être détruites par suite de l'insalubrité engendrée par elles dans les chambres. Je n'en veux prendre comme exemple que la première installation du Frigorifique de la Bourse du Commerce. On s'était contenté d'établir un lit de liège granulé entre des parois de bois. Ce dispositif convenait pour des produits congelés, mais était défectueux pour la viande simplement réfrigérée; le sang et les liquides organiques s'infiltrèrent dans les isolations par suite du manque de propreté, la pourriture des planchers fit de rapides progrès et les locaux devinrent impropres à toute conservation.

Cette question de la bonne tenue et de la propreté des chambres est encore une des plus importantes de l'exploitation d'un entrepôt. Aussi est-il bon d'éclairer largement les diverses parties au moyen de lampes à incandescence, de manière à éviter les recoins obscurs, réceptacles de détritus et de poussières peu favorables à la conservation. Lorsque cela est possible, il convient d'éclairer les chambres frigorifiques avec la lumière blanche naturelle; il suffit pour cela de garnir les baies de vitres doubles ou triples très isolatrices. Dans ce cas, à l'avantage que nous venons de signaler, s'ajoute l'influence antimicrobienne des rayons ultraviolets (2).

Enfin, il est important de pouvoir renouveler totalement ou partiellement l'air des chambres frigorifiques. Au *Frigorifique de la Bourse du Commerce*, on n'a pas négligé cette précaution. Un gros tuyau permet, par l'intermédiaire d'un ventilateur, d'expulser l'air vicié des chambres et de le remplacer par de l'air frais.

(1) On a également employé, dans ce Frigorifique, pour l'isolation des conduites de froid, des lièges agglomérés avec de la poix, fabriqués par la maison *Denniel*, marque *Frigorbrig*. Les caractéristiques de cet isolant sont les suivantes:

Coefficient de conductibilité : 0,05 soit 0,06 à 0,07 avec l'augmentation de 15 %; poids spécifique : 0,28; résistance à l'écrasement 54 kg par cm².

(2) Tel est le cas de l'antichambre froide de l'abattoir de *Saint-Chamond*, qui est éclairée par une ouverture fermée par trois rangées de vitres. Les parois portent un revêtement en faïence blanche sur une hauteur de 3^m,50; le sol est recouvert d'un carrelage en carreaux de grès cérame octogonaux avec petits carreaux de remplissage rouges.

§ 4. — REFROIDISSEMENT DES CHAMBRES D'UN ENTREPOT. LE BAC A GLACE.

Le refroidissement des chambres d'un entrepôt peut être effectué de diverses manières.

On peut tapisser les parois de la chambre avec des serpentins parcourus, soit *par le liquide frigorifique, soit par de la saumure refroidie*. Le premier procédé s'appelle le *refroidissement par détente directe*; le second est le *refroidissement par circulation de saumure*.

A ces tuyauteries réfrigérantes suspendues aux plafonds des chambres ou disposées contre leurs parois, on substitue souvent le refroidissement *par circulation d'air froid*.

C'est le système dit des *frigorifères*. L'air chaud et humide provenant de la chambre passe sur des tuyaux refroidis contenus dans une chambre spéciale distincte de la chambre frigorifique. L'air froid et desséché par le passage sur ces surfaces froides est ramené par un ventilateur dans les chambres. Au *Frigorifique de la Bourse du Commerce*, une salle de 210 m², destinée au magasinage des fruits secs, est maintenue par ce procédé à une température comprise entre 0° et — 2° C.

Au lieu d'amener l'air à refroidir et à dessécher au contact de tuyaux parcourus par de la saumure froide, on peut mettre directement cet air en contact avec cette saumure. Dans ces conditions, l'air chaud et humide se refroidit, se dessèche et se purifie. Pour réaliser ce contact, on peut *faire circuler l'air, soit au contact de disques tournants et plongeant dans la saumure froide par leur partie inférieure, soit au travers d'une pluie de saumure froide*. Les premiers frigorifères sont dits à *disques*, les seconds sont à *ruissellement*. Au *Frigorifique de la Bourse du Commerce*, deux grandes salles, chacune d'environ 400 m², disposées pour la conservation de la viande de boucherie, sont maintenues à une température comprise entre + 2° et + 4°, au moyen d'un frigorifère à ruissellement.

Enfin, lorsqu'on veut obtenir des températures très basses, il est bon de combiner les deux systèmes de refroidissement par circulation d'air et par circulation de liquide froid dans des tuyaux. C'est ainsi qu'au *Frigorifique de la Bourse du Commerce*, une salle de 340 m² est refroidie par ce système mixte à une température comprise entre — 6° et — 8°; elle sert à la conservation de la volaille et du gibier congelés.

Enfin, chacune des chambres froides doit posséder un *frigorifère spécial*, afin que les odeurs d'une chambre à poisson ou à œufs ne parviennent pas dans une chambre à viande.

Les tuyaux dans lesquels circule le liquide réfrigérant se recouvrent, au contact de l'air humide, d'une couche de givre mauvaise conductrice et capable de diminuer leur effet frigorifique. Le dégivrage se produit de diverses manières; dans le frigorifère *Fixary*, l'air chaud circule autour des serpentins inactifs recouverts de givre avant de venir au contact du serpentins servant de réfrigérant.

Dans la plupart des entrepôts frigorifiques, l'évaporateur de l'une au moins des machines frigorifiques est disposé dans le double-fond d'un bac à eau salée, dans laquelle plongent des mouleaux remplis d'eau à congeler. C'est le *bac à glace*. Au *Frigorifique de la Bourse du Commerce*, le compresseur à ammoniaque de 180 000 frigories fait marcher un générateur à glace de 25 à 30 tonnes de *glace par* vingt-quatre heures. La glace ainsi produite est emmagasinée dans une chambre refroidie par des tuyaux à circulation de saumure froide.

La glace ainsi produite contient un noyau opaque, dans lequel se trouvent réunis les microbes et les sels calcaires contenus primitivement dans l'eau. Si l'on veut obtenir de la glace parfaitement transparente, il faut employer de l'eau distillée. Toutefois on fabrique de très belle glace quand on opère comme aux *Glacières de l'Alimentation*. On introduit d'abord dans les mouleaux de l'eau ordinaire, que l'on agite au moyen de lames, afin de produire le dégagement de l'air. Lorsqu'il ne reste plus que le quart du contenu du mouleau à congeler, on retire la lame d'agitation; on vidange le contenu du noyau au moyen d'une lance qui plonge jusqu'au fond; celle-ci est reliée par un tuyau flexible à une conduite aboutissant au sommet d'un tube barométrique, dans lequel on entretient le vide au moyen d'une pompe à air. Le liquide éliminé est remplacé par de l'eau de source préalablement filtrée. La glace ainsi obtenue a un bel aspect et possède les qualités hygiéniques requises pour l'alimentation. Dans cette fabrique fonctionnent deux générateurs de 40 tonnes par vingt-quatre heures. Chacun des générateurs se compose d'un bac en tôle de 35^m,40 de longueur, 3^m,80 de largeur et 1^m,70 de hauteur. Ce bac est à deux compartiments avec hélices pour assurer la circulation interne de l'eau salée; il contient 96 rangées de 16 mouleaux, soit 1 536 mouleaux fournissant des blocs d'un poids net de 40 kg, soit une capacité totale de 61,4 tonnes pour chaque appareil. La température normale du bain incongelable est — 7° C., et il faut environ trente-deux heures pour congeler complètement le contenu d'un mouleau.

§ 5. — CONSERVATION DES DENRÉES PÉRISSABLES.

Nous arrivons maintenant à une dernière question, celle du mode de conservation des denrées dans les chambres frigorifiques. Les règles à suivre pour obtenir un bon résultat sont de deux sortes :

- 1° *Règles générales applicables à toutes les denrées;*
- 2° *Conditions particulières à chaque produit.*

Parmi les règles générales, nous avons déjà énoncé l'une d'elles, concernant la nécessité de maintenir *les produits dans un milieu de température et d'état hygrométrique aussi constants que possible*.

Mais il y a une autre règle générale sur laquelle on ne saurait trop insister. On ne doit *soumettre à l'action du froid que des produits en bon état de conservation*. Le froid n'améliore pas la qualité des denrées soumises à son action. Si, dans un appareil frigorifique, on introduit de la viande avariée par exemple, la décomposition diminue considérablement pendant le séjour à basse température; mais elle reprend aussitôt que cette viande est ramenée à la température ordinaire. A l'inverse de la chaleur, le froid ne tue pas les microorganismes susceptibles de produire la décomposition. Un grand nombre d'entre eux, par exemple l'organisme typhoïde, peuvent être maintenus durant un temps très long à — 190° C. sans que leur vitalité en soit affectée d'une manière notable. Leur développement seul est arrêté ou tout au moins considérablement diminué par les basses températures; il reprend dès qu'on le ramène à la température ordinaire. *Les produits frigorifiés qui se décomposent rapidement au sortir des appareils de réfrigération sont des produits qui ont été introduits dans ces appareils alors qu'un commencement de décomposition s'était déjà manifesté; ils n'étaient déjà plus sains et de première qualité au moment de leur introduction dans le frigorifique.*

En outre, *l'entrée et la sortie des produits des chambres froides doivent s'effectuer avec quelques précautions, surtout quand il*

s'agit de produits congelés. *L'abaissement et l'élévation de température doivent être aussi progressifs que possible.* En particulier, il faut éviter, à la sortie du frigorifique, les condensations d'eau sur la surface des produits froids; cette eau est en effet le véhicule des microorganismes de décomposition; il convient alors de recouvrir les produits, ou mieux de les réchauffer dans un courant d'air capable de produire l'évaporation de l'eau déposée.

Enfin, surtout pour les produits simplement réfrigérés, *il est indispensable d'avoir pour chaque sorte de denrée une chambre de conservation parfaitement isolée*, avec frigorifère spécial comme nous l'avons déjà dit plus haut. En effet, dans cet état de réfrigération, chaque produit exige des conditions de température et d'état hygrométrique particulières dont il ne convient pas de s'éloigner. De plus, les odeurs émises par une denrée peuvent être funestes à la conservation d'un autre produit placé dans le voisinage. C'est ainsi qu'il est absurde d'enfermer, comme on le

fait parfois, dans une même chambre frigorifique des produits de laiterie et des œufs voisinant avec de la viande de boucherie ou avec des fruits.

A ces règles générales, sans lesquelles aucune conservation par le froid n'est possible, s'ajoutent d'autres règles spéciales à chaque produit. Elles concernent les valeurs de la température et de l'état hygrométrique, la nature de l'emballage, la qualité du produit, l'état dans lequel on doit l'introduire au frigorifique, notamment pour les fruits l'état de maturité, etc. Nous n'insisterons pas sur cette partie pratique de la conservation, qui a été développée avec soin dans notre ouvrage sur la *Production et l'Utilisation du Froid*.

[M. Marchis termine sa conférence par une série de projections montrant l'agencement des diverses chambres d'un entrepôt frigorifique.]

CONFÉRENCES DE "LA TECHNIQUE MODERNE"

LE BUT

ET LES MÉTHODES DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE SUPÉRIEUR

CONFÉRENCE FAITE LE VENDREDI 28 AVRIL 1911

Par Henry LE CHATELIER

Membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines, professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris
et à l'École nationale supérieure des Mines.*Sous la présidence de M. APPELL, Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.*

I. — Opinion publique à l'étranger.

INDIFFÉRENCE FRANÇAISE. — Les revues littéraires, scientifiques ou industrielles m'ont plus d'une fois déjà ouvert leurs colonnes pour discuter les problèmes de l'enseignement technique, et je suis un peu honteux de venir, encore une fois, ressasser devant vous les mêmes idées. Si je le fais, c'est afin de lutter contre l'indifférence générale du public français pour l'un des facteurs les plus essentiels de la puissance des peuples modernes; il faut absolument secouer cette torpeur. Partout aujourd'hui, le premier rang appartient aux peuples les plus industriels, capables de s'enrichir par la paix et de préparer en prévision de la guerre des armements formidables. A ce point de vue, l'Allemagne, les Etats-Unis et l'Angleterre dépassent de beaucoup tous leurs concurrents, et dans aucun autre pays les préoccupations relatives à l'enseignement technique ne sont aussi vives. La France arrive loin derrière. Dans ces dernières années, au cours d'une enquête sur ces questions d'enseignement, j'avais réuni systématiquement tous les articles de journaux français et étrangers me passant sous les yeux; j'ai aujourd'hui une liasse énorme de documents étrangers découpés ainsi dans les revues techniques des trois grands pays industriels, mais à peu près rien pour la France. On ne comprend pas chez nous l'importance de ce problème, on ne sait pas s'y intéresser.

A l'étranger, les grands industriels ont un véritable culte pour l'enseignement technique. Je ne parle pas seulement ici des riches donateurs, fondateurs d'universités et d'instituts, dont la compétence peut parfois ne pas être au niveau de leur générosité, mais aussi de tous les ingénieurs, riches ou pauvres, qui apportent avec passion le concours de leurs expériences au développement des méthodes d'enseignement. Je citerai quelques noms parmi les plus illustres :

SIR HENRY WHITE. — Au nombre des supériorités réclamées avec fierté par l'Angleterre, peu lui tiennent autant à cœur que celles de sa flotte invincible. Sir Henry White a joué un rôle prépondérant dans la création de la marine anglaise, et aujourd'hui il occupe les loisirs d'une retraite très active à mener une campagne ardente pour le perfectionnement de l'enseignement technique dans sa patrie. Présidant, il y a cinq ans, la grande

Société des ingénieurs civils de Londres, il prit ces questions d'enseignement comme thème de son discours inaugural et, bientôt après, provoqua la création d'une commission d'études, nommée par la réunion des cinq grandes sociétés techniques anglaises; il en dirigea activement les travaux et fit le rapport final; le secrétaire de la même commission, un de ses compatriotes non moins illustre, était le major Haldane, qui assume aujourd'hui, comme ministre de la Guerre, la lourde responsabilité de donner une armée à l'Angleterre. Des travaux de cette commission sortit un programme général d'enseignement qui devint la base des tentatives de réorganisation essayées ces dernières années à Londres et donna naissance à l'Imperial College of Science, installé dans les établissements de South Kensington.

En Allemagne, la grande Société des ingénieurs, la plus puissante des Sociétés techniques du monde, — elle compte plus de 20 000 membres, — a, sous l'impulsion de son président, l'ingénieur docteur Th. Peters, mené depuis vingt ans une campagne incessante pour l'amélioration de l'enseignement technique. Le maître d'école allemand a gagné, disait-on, la bataille de Sadowa, les professeurs des instituts techniques gagneront de même les campagnes pacifiques de l'époque actuelle; c'est la conviction intime de tous les ingénieurs allemands. Ils ont su rallier l'empereur Guillaume à leurs idées, et l'établissement du doctorat technique, obtenu par leur président, a été une véritable création personnelle de l'empereur et en même temps une victoire remportée sur l'exclusivisme des vieilles universités allemandes. L'effet moral de ce succès a été énorme; nous sommes trop sceptiques pour pouvoir comprendre toute la joie avec laquelle cette consécration accordée à l'enseignement technique a été reçue dans les milieux industriels allemands.

Isolément, les industriels n'apportent pas un concours moins actif au développement des écoles techniques. Par exemple, Krupp a donné plusieurs millions pour la création de l'Institut métallurgique d'Aix-la-Chapelle. Et récemment j'assistais à la cérémonie d'inauguration de cet Institut, qui eut lieu sous la présidence de la veuve de l'illustre métallurgiste allemand; un très vif incident qui se produisit au cours des toasts, pendant le banquet, entre le directeur de l'Institut et un représentant de l'Administration, montra bien la part que les industriels réclamaient dans cette fondation et l'intérêt qu'ils y attachaient.

SOLVAY. — Qui ne connaît d'autre part l'ardeur avec laquelle le grand industriel belge Solvay travaille au développement de l'enseignement technique dans son pays; non content de donner ses millions, il a imposé une orientation très intéressante à l'Ecole supérieure du commerce fondée par lui à Bruxelles et mise sous la direction d'un des économistes les plus célèbres de la Belgique, le Dr Waxweiler. A l'occasion d'ailleurs, il paye aussi de sa personne et occupe les loisirs que lui laissent ses affaires industrielles et l'alpinisme à faire des cours de sociologie, l'une des sciences dont le développement jouera, affirme-t-il, le rôle le plus important dans l'évolution prochaine de l'industrie moderne.

Enfin, les Etats-Unis, depuis longtemps célèbres par la richesse de leurs universités et de leurs écoles, pourraient dormir sur leurs lauriers et laisser le vieux continent travailler péniblement au développement de ses instituts techniques; et pourtant il n'y a pas de pays aujourd'hui où l'on se préoccupe plus vivement de réformer et de développer l'enseignement technique. On y écrit beaucoup sur ce sujet, mais avec les habitudes d'initiative si chères aux Américains, on agit plus encore. Des groupements se forment pour stimuler l'opinion publique et le gouvernement; les grandes villes rivalisent de zèle pour mettre à l'essai les nouveaux systèmes d'éducation proposés.

Deux grands industriels américains ont, dans ces derniers temps, agité l'opinion publique en lançant des thèses assez originales. Fr. Taylor, l'inventeur des aciers rapides, l'ardent promoteur des méthodes scientifiques de l'organisation du travail dans les usines, est parti en guerre contre les universités et instituts actuels qui démoraliseraient, dit-il, les jeunes gens sans rien leur apprendre d'utile; les sports seuls trouvent grâce devant lui, parce qu'ils sont des écoles de discipline et d'obéissance, deux qualités de première importance dans l'industrie. Les usines, avec leurs méthodes de travail, d'une complication tous les jours croissante, ne peuvent utilement fonctionner sans une coordination parfaite de tous les efforts. La compréhension de cette vérité devrait, prétend-il, être l'objectif essentiel de l'enseignement technique.

Le milliardaire Carnegie, en souvenir sans doute de ses années de jeunesse, veut donner principalement l'enseignement par les bibliothèques. Il en crée partout dans ses deux patries, celle où il a vécu et s'est enrichi, les Etats-Unis, celle où il est né et qu'il a quittée dans la pauvreté, l'Ecosse. Mais, non content de donner les installations matérielles et les crédits, il fournit encore les livres et s'en réserve le choix, pour mieux faire sentir son action personnelle sur l'esprit même de l'enseignement.

EVOLUTION NÉCESSAIRE EN FRANCE. — La France, il y a cinquante ans, possédait une avance incontestée avec ses grandes Ecoles techniques, groupées autour de l'Ecole polytechnique, et avec l'Ecole centrale des Arts et Manufactures, créée sur l'intelligente initiative du célèbre chimiste Dumas. Aujourd'hui encore, le niveau des études y est, au sommet, supérieur à celui des instituts étrangers, et cependant il est temps de commencer à évoluer, il faut suivre les progrès si rapides de l'industrie. Mais que de difficultés pour se réformer soi-même. Cela est impossible à moins d'être stimulé par la concurrence ou par la pression de l'opinion publique. La création d'instituts techniques à côté de grandes universités, celles des Ecoles d'Arts et Métiers, celle d'écoles libres de toute attache gouvernementale, comme l'Ecole supérieure d'électricité, ont été déjà très utiles; mais il faut faire plus encore, et mon but, en venant vous parler ce soir, est de provoquer quelque agitation en dehors des Ecoles auxquelles je m'intéresse plus particulièrement, pour réagir indirectement sur elles et les pousser vers de nouveaux progrès.

Le moment est favorable, car une évolution heureuse semble

se préparer. Jusqu'ici les Français, façonnés à l'obéissance passive par des siècles de monarchie, ne pouvaient concevoir la possibilité de s'occuper eux-mêmes des questions d'intérêt général; ils croyaient à l'infailibilité du pouvoir et à son dévouement à la chose publique. Les initiatives si fréquentes chez nos concurrents nous étaient inconnues, ou du moins restaient seulement le fait de quelques isolés, considérés généralement comme des déséquilibrés. L'intervention imprévue du Comité des Forges dans la crise du Français a produit une profonde sensation. C'est là un heureux présage, cet exemple sera certainement suivi. Nous nous mettons en marche, et peut-être finirons-nous un jour par rejoindre les Américains; espérons-le sans trop y compter. Pour faire comprendre tout le chemin qui nous reste à parcourir, il sera peut-être bon de rappeler comment s'est faite, il y a une vingtaine d'années, aux Etats-Unis, la grande réforme de l'enseignement secondaire sur le programme dit des Dix. Un groupe de professeurs et de pères de famille fonda une association pour la réforme de l'enseignement; ils réunirent rapidement des milliers d'adhérents, formulèrent un programme de leurs desiderata et le soumirent au gouvernement en lui demandant de confier le soin de la réforme à une Commission de dix membres nominativement désignés, et de donner la présidence de la Commission au directeur de Harvard University. Ce vœu fut exaucé à la lettre, et les travaux de la Commission furent couronnés d'un plein succès. Quel contraste avec l'incohérence de nos méthodes parlementaires et administratives, capables seulement de produire, par l'amalgamation des points de vue les plus contradictoires, des monstres dont personne ne veut ensuite accepter la paternité!

II. — Complexité du problème de l'enseignement.

MULTIPLICITÉ DES BUTS. — Il existe aujourd'hui une très grande confusion dans les idées au sujet de l'enseignement technique, résultant en partie de la multiplicité de ses destinations. Les personnes très peu nombreuses qui s'y intéressent, soutiennent les opinions les plus contradictoires. Quelques exemples suffiront pour donner une idée de cet état d'anarchie.

On confond généralement, sous le nom commun d'enseignement technique, trois enseignements essentiellement différents: un enseignement supérieur destiné avant tout à former de futurs chefs d'industrie, les généraux de l'armée du travail; un enseignement moyen, approprié aux besoins des ingénieurs, du personnel dirigeant en sous-ordre, c'est-à-dire des capitaines, et enfin un enseignement essentiellement professionnel et même manuel (l'apprentissage en est une des branches), destiné à préparer d'habiles ouvriers, c'est-à-dire à former les soldats et les sous-officiers. Si ces enseignements pouvaient être réellement séparés l'un de l'autre, et être donnés dans des établissements différents, la confusion ne serait pas bien grande, mais cet isolement est impossible; on ne peut avoir des écoles de généraux distinctes de celles destinées aux capitaines, cela pour deux raisons. Le plus souvent, on doit passer par le grade de capitaine avant d'atteindre celui de général, être ingénieur avant de devenir directeur d'usine. Seuls quelques jeunes gens de familles très riches deviennent, dès leur sortie des écoles, administrateurs de grandes affaires industrielles; mais ce sont là de rares exceptions. Seconde difficulté: tout le monde aujourd'hui a la prétention de devenir général, et cependant le plus grand nombre des élèves des écoles d'enseignement technique supérieur se verront trompés dans leurs espérances et seront retraités comme simples capitaines; il faut donc à la fois viser dans ces écoles un double but: la préparation de futurs chefs d'industries et en même temps la formation de simples ingénieurs.

SPÉCIALISATION OU ENCYCLOPÉDIE. — Cette variété de but donne immédiatement l'explication d'une lutte actuelle très vive

entre deux opinions diamétralement opposées; le conflit a été particulièrement aigu au dernier Congrès de l'enseignement technique à Bruxelles. Les uns veulent un enseignement encyclopédique nécessaire pour les chefs d'industrie, et les autres réclament, non moins énergiquement, un enseignement spécialisé, mieux approprié aux besoins des ingénieurs en sous-ordre.

Voici, à ce sujet, un fait précis: les élèves de l'Ecole des Mines ont adressé récemment une pétition au Conseil de cette Ecole demandant que l'enseignement fût spécialisé, au moins pendant la troisième année de cours, à l'instar de ce qui se fait à l'Ecole Centrale, afin de leur permettre de rendre des services plus effectifs dès leur entrée dans les usines, et par suite de pouvoir se caser plus facilement. Peu de temps après, le Comité de l'Association des anciens élèves de la même Ecole a élevé une protestation non moins énergique et unanime contre toute tentative de spécialisation de l'enseignement de leur ancienne Ecole. Ce Comité est naturellement composé en majeure partie d'ingénieurs qui ont réussi dans leur carrière, c'est-à-dire qui sont ou aspirent à devenir des généraux industriels. Pour ces fonctions, l'enseignement encyclopédique leur paraît, avec raison, infiniment préférable; leurs préoccupations ne sont plus celles de leurs jeunes camarades. Et pour montrer à quel point la confusion est grande sur ce sujet, j'ajouterai encore le détail suivant: Au Congrès de Bruxelles, le directeur de l'Ecole Centrale a fait une sortie éloquentes en faveur de la non spécialisation, en se félicitant des avantages que son école avait retirés du caractère encyclopédique de son enseignement, enseignement que les élèves de l'Ecole des Mines nous avaient précisément donné comme un modèle de spécialisation. La solution adoptée par l'Ecole Centrale est, en effet, très élégante; sur le papier l'enseignement est spécialisé — il y a trois diplômes — mais dans la réalité il ne l'est pas, car tous les élèves suivent identiquement les mêmes cours. On donne ainsi satisfaction aux partisans de la spécialisation en gardant les avantages de l'encyclopédie; mais cela n'augmente pas la clarté dans les discussions sur les questions d'enseignement.

SÉLECTION. — Abordons maintenant un autre ordre de difficultés, un peu imprévu celui-là. On a tellement discuté sur les méthodes d'enseignement technique que tout le monde, semble-t-il, doit être d'accord sur l'utilité de cet enseignement; or, récemment, quelques voix discordantes se sont élevées, tendant à réduire le rôle des écoles techniques à celui de filtres destinés à séparer les hommes de valeur de la multitude des médiocrités. L'autorité industrielle des défenseurs de ces idées est assez grande pour mériter une sérieuse prise en considération. Au cours d'une enquête poursuivie dans la revue *Idées Modernes*, sur l'enseignement technique, j'avais sollicité l'opinion des industriels de bonne volonté; parmi les réponses, deux d'entre elles, celle de M. Solvay et celle de M. Hadfield, ont présenté une saveur particulière.

M. Solvay débute ainsi: « Si j'étais obligé de m'occuper de la question capitale d'une réforme de l'enseignement au point de vue d'obtenir la plus grande productivité sociale future de l'enseigné, la première chose que je mettrais en avant dans mon étude serait celle de la spécialisation des tempéraments: *Les vrais hommes sont, nous ne les créerons jamais*; mais nous pourrions certes les distinguer et souvent les classer au début — pourquoi pas? — dans leur direction naturelle propre, dans celle où ils pourront rendre à la société le plus de services tout en travaillant avec le maximum de satisfaction. »

Sir Robert Hadfield est encore plus catégorique sur l'inefficacité de l'éducation. « L'éducation, dit-il, aidera certainement à la formation de ce type mixte (scientifique et pratique), *mais elle ne le créera pas à elle seule*; il doit résulter soit du tempérament naturel, soit de facultés développées par la force du caractère, soit dans certains cas de dons transmis par hérédité. »

M. Waxweiler, le directeur de l'Ecole supérieure de Commerce de Bruxelles, précise encore la même idée pour en tirer les conséquences logiques. Dans une conférence récente, intitulée *L'Université de demain*, il propose d'orienter avant tout les établissements d'enseignement supérieur vers la sélection des aptitudes en rejetant au second plan les questions d'enseignement.

« L'organisation sociale de notre époque réclame, dit-il, non pas seulement des Ecoles, au sens historique du mot, où l'on apprend ce qu'il faut connaître pour occuper un poste déterminé, mais surtout des établissements où l'on sélectionne les esprits au point de vue de leur intelligence et de leur sens critique, tout en leur donnant un fonds commun de connaissances d'ordre scientifique. Ce sont ces établissements que devraient être nos universités. »

Sans souscrire aucunement à cette condamnation trop absolue de l'enseignement, on doit reconnaître cependant l'importance capitale pour l'industrie d'une semblable sélection. Si elle pouvait être faite efficacement en temps utile, elle éviterait la mise en circulation d'un trop grand nombre de déclassés.

Les hommes, cela est bien certain, apportent en naissant certaines aptitudes personnelles. L'hérédité des qualités et des tares se manifeste, au moins dans une certaine mesure, pour l'esprit comme pour le corps. Les enfants de parents vivant dans l'oisiveté ne sont pas en moyenne capables de fournir la même somme de travail que des fils d'ouvriers, et réciproquement ceux-ci montrent en moyenne des aptitudes intellectuelles moindres. Le cerveau, comme les membres, s'atrophie par défaut d'exercice. Ces discordances sont exagérées par les conditions d'éducation dans le jeune âge et le hiatus augmente encore par la bifurcation actuelle de l'enseignement secondaire. C'est là aujourd'hui l'un des problèmes les plus graves de l'enseignement technique. Les besoins de l'industrie, la richesse du pays demanderaient une sélection de plus en plus profonde et l'esprit démocratique, basé sur l'égalité des droits et des avantages, abstraction faite des capacités, la combat à outrance. Je signale la difficulté sans proposer de solution.

BUT DE L'ENSEIGNEMENT. — Après ce préambule un peu long, j'arrive à l'objet même de cette conférence: le but et les méthodes de l'enseignement technique supérieur. La tâche que je me suis imposée ce soir est en réalité insoluble: on ne peut pas en une heure étudier à fond un problème aussi complexe. Si l'on veut se mettre devant la réalité des faits et ne pas traiter la question en théoricien, c'est-à-dire en se limitant à un seul point de vue, on se voit obligé de se borner à une rapide énumération des différentes faces du problème. Cela est évidemment moins intéressant que de développer exclusivement un aspect particulier de son sujet, mais cela peut être plus utile. Je serai très heureux si les idées rapidement énoncées ce soir comme de simples têtes de chapitre pouvaient provoquer quelques commentaires de nature à compléter mon esquisse.

Je m'occuperai surtout ici de l'enseignement technique supérieur et de la formation des chefs d'industrie. Il ne suffit pas, bien entendu, d'avoir un bon directeur dans une usine, il faut aussi de bons ingénieurs, de bons contremaîtres et de bons ouvriers; mais en général, ces derniers sont nombreux dans chaque usine, et par suite leur ensemble présente une qualité moyenne sensiblement constante. Il y a évidemment intérêt à relever leur niveau moyen, mais cela est d'un intérêt moins poignant que pour le directeur. Celui-ci est seul de son espèce, on ne peut donc plus compter sur une moyenne; il pourra, suivant les cas, être très bon et faire prospérer son affaire, ou mauvais et la conduire à la déconfiture; le choix d'un directeur est une question de vie ou de mort pour une industrie, et l'on est souvent fort embarrassé par la pénurie des candidats ayant les capacités voulues.

Les qualités nécessaires à un bon chef d'industrie sont évidemment nombreuses; je les rangerai en cinq classes suivant leur ordre d'importance décroissante :

- 1° Qualités du caractère, indispensables pour l'action;
- 2° Qualités d'intelligence, indispensables pour bien orienter son action;
- 3° Connaissances scientifiques nécessaires pour tirer parti des propriétés de la matière;
- 4° Connaissances psychologiques nécessaires pour utiliser au mieux l'activité de ses collaborateurs;
- 5° Connaissances professionnelles.

III. — Caractère.

SES DIFFÉRENTES QUALITÉS. — Le but essentiel de l'enseignement technique est de préparer à l'action; cela le distingue de l'enseignement scientifique proprement dit qui vise seulement l'acquisition des connaissances. Savoir et pouvoir sont deux choses absolument distinctes. Or, pour l'action, les qualités du caractère priment toutes les autres.

Une volonté tenace est la première et la plus utile des qualités; après un échec, il ne faut jamais se tenir pour définitivement battu; l'occasion favorable finit toujours par se présenter et l'on s'en rend maître si la volonté est restée constamment en tension vers le but poursuivi. Que d'énergie n'a-t-il pas fallu à Bessemer pour essayer successivement tous les métiers et, finalement, pour recommencer, indéfiniment, des essais infructueux sur son procédé de fabrication de l'acier après la condamnation de ce procédé par tous les grands métallurgistes anglais.

Mais la ténacité ne suffit pas. Une grande *activité intellectuelle* est nécessaire pour explorer tous les recoins de chaque question étudiée; Bessemer a tiré de cette qualité un parti précieux lorsqu'il a eu l'idée d'analyser ses fontes et d'y rechercher le phosphore, dont le rôle nuisible était alors complètement inconnu.

Cette activité doit même arriver à s'exercer en quelque sorte automatiquement. Le but principal de l'enseignement, comme le dit très justement le Dr Lebon, est de faire passer, par le fait de la répétition, certains de nos actes du domaine du conscient dans celui de l'inconscient. L'activité intellectuelle devient alors *l'esprit d'observation*, et celui-ci permet de saisir au vol, sans aucun effort nouveau de notre part, tout fait important passant devant nos yeux. Grâce à cet esprit d'observation, Ludwig Mond a remarqué le dépôt de suie formé contre un clapet en nickel d'un de ses gazogènes, et cette observation a été le point de départ de la découverte du nickel carbonyle, puis bientôt de la création d'une nouvelle industrie pour l'extraction du nickel de ses minerais.

L'esprit de discipline dans les grades inférieurs, la *fermeté* dans les grades supérieurs, sont au nombre des qualités les plus indispensables avec l'orientation moderne de l'industrie. Les usines sont devenues des mécanismes extrêmement complexes, dont les hommes formant les rouages engrènent entre eux suivant leurs différentes fonctions. Dès qu'un engrenage ne fonctionne plus, ou simplement que le graissage fait défaut sur les surfaces de contact, la machine est paralysée, l'industrie tout entière est arrêtée. On n'aurait jamais l'idée de jeter des poignées de sable sur les paliers de roulement de lourdes pièces de machines. Or, la non obéissance aux ordres reçus ou l'insuffisance du commandement jouent exactement le rôle de la poignée de sable. Qu'on le veuille ou non, nous vivons aujourd'hui au sein d'une organisation sociale très complexe, nous ne sommes plus une peuplade de sauvages; il faut tenir compte de cette situation, de même que nous tenons compte, sans un moment de révolte, des propriétés des métaux que nous employons, même quand nous aimons mieux leur voir d'autres qualités.

Enfin, le *sens moral*, le respect de la vérité et de la propriété d'autrui est la base du crédit indispensable dans toute affaire

industrielle prospère. Sans sa réputation d'honorabilité bien établie, Bessemer n'aurait jamais trouvé, après ses premiers échecs, des amis assez confiants pour faire avec lui les frais d'essais industriels à grande échelle, nécessaires pour ramener à lui les métallurgistes découragés par leurs premiers insuccès.

EXEMPLES. — Toutes ces qualités du caractère jouent un rôle absolument dominateur en industrie. Jointes à un certain bon sens, à des aptitudes intellectuelles moyennes, elles suffisent pour conduire au succès; tandis que, en leur absence, avec les plus brillantes qualités de l'esprit, avec l'instruction scientifique et professionnelle la plus développée, on n'arrivera à rien. J'ai connu deux paysans, fils de paysans, morts sans savoir lire ni écrire, qui ont réussi pendant leur vie à gagner par leur industrie et leur commerce d'une façon parfaitement honorable, environ 500 000 francs chacun, fortune que bien peu d'ingénieurs peuvent espérer. L'un d'eux avait commencé par être conducteur de diligence, puis était devenu patron, avait monté une épicerie, entrepris la construction de maisons et enfin fait valoir un domaine agricole acheté sur ses économies. L'autre avait débuté comme petit fermier et était devenu un gros fermier; il avait ajouté plus tard à son exploitation un service de roulage, puis, la construction projetée d'un chemin de fer devant à brève échéance tuer son industrie, il prit l'entreprise de la construction de la ligne.

Les exemples de Carnegie et de Bessemer sont tout à fait analogues; ils débutèrent dans la vie sans avoir reçu aucune instruction scientifique ni technique: ils n'avaient pas dépassé l'enseignement primaire tout à fait élémentaire, sachant seulement lire et écrire: pour le reste, ils se formèrent eux-mêmes au cours de leur existence en même temps qu'ils accumulaient des millions.

Tous ces hommes durent leur succès à une énergie peu commune, à une ardeur au travail inlassable, faisant la journée de 16 heures et pas celle de 8. Un esprit d'initiative bien rare les conduisit à aborder successivement les métiers les plus différents; enfin une probité, un esprit de justice incontestés leur permirent de trouver en toutes circonstances les concours et la confiance dont ils eurent besoin. Carnegie aime à rappeler, avec une fierté légitime, que des nombreux inventeurs dont il eut l'occasion d'acheter les brevets, pas un seul ne s'est plaint une fois de ses rapports avec lui.

NÉGATION DU HASARD. — On dit parfois: ce sont là des hommes heureux, ils ont eu une chance exceptionnelle. C'est un non-sens au point de vue scientifique de parler du hasard. Tous les faits naturels sont enchaînés d'une façon nécessaire à des causes déterminées; nous pouvons ignorer ces causes, mais c'est une faiblesse d'esprit de considérer pour cela leurs conséquences comme miraculeuses. Il a fallu évidemment certaines circonstances particulières pour permettre à l'activité de ces hommes de s'exercer utilement. Si la création de la ligne de chemin de fer n'était pas venue détruire le service de roulage de notre fermier normand, il n'aurait pas eu l'occasion de s'enrichir en prenant l'entreprise de la construction de cette ligne, mais d'autres circonstances non moins favorables se seraient certainement présentées un jour ou l'autre. Qui peut prétendre n'avoir jamais rencontré dans son existence des chances de cet ordre-là? Il n'y a pas: des hommes qui ont de la chance et d'autres qui n'en ont pas, mais des hommes qui savent profiter de la chance et d'autres qui ne le savent pas. Dans la vie comme au bridge, les bons joueurs finissent toujours par gagner, mais bien peu ont l'énergie voulue pour jouer avec succès cette grande partie de l'existence.

FORMATION DU CARACTÈRE. — Les qualités du caractère sont sans doute en partie naturelles, mais elles se développent ensuite dans une large mesure par l'éducation, et surtout par l'éducation

de la famille donnée dans le jeune âge. Peut-être pourrait-on demander à l'enseignement technique de continuer cette éducation, ou tout au moins de ne pas la détruire, comme cela a trop souvent lieu.

Sur un point cependant, les écoles techniques exercent une excellente influence. Par la préparation aux examens, elles obligent à un effort soutenu de la volonté, elles contribuent ainsi au développement de cette qualité primordiale et font en même temps une sélection basée sur la même qualité : c'est là une des grandes supériorités de nos écoles fermées françaises sur les écoles ouvertes de l'étranger. On ne doit pas méconnaître cependant qu'à d'autres points de vue cette organisation présente des inconvénients sérieux. Elle limite le nombre des jeunes gens admis à bénéficier des avantages de l'enseignement technique supérieur et, surtout, elle abaisse la valeur scientifique des études préparatoires aux examens. Les raisons de cette influence néfaste des examens ont été trop souvent développées pour qu'il y ait lieu d'y revenir ici.

L'esprit d'initiative, l'activité intellectuelle pourraient facilement et devraient être cultivés dans les écoles techniques plus qu'ils ne le sont aujourd'hui. Les mémoires personnels, les projets, les travaux de laboratoires ne reçoivent pas toujours l'attention qu'ils méritent. Également intéressants au point de vue du développement des qualités du caractère et de celles de l'esprit, ils donnent de plus un moyen de sélection bien supérieur à celui des examens oraux.

Le sens moral, le respect de la vérité, est systématiquement atrophié à tous les degrés de l'enseignement pour le plus grand dommage matériel des jeunes gens, sans parler du point de vue moral. Donner une fausse signature est une chose considérée comme sans importance, cela s'appelle une carotte et non pas un faux ; copier aux examens ne tire pas à conséquence, cela est d'usage courant au baccalauréat, nous dit M. Bouasse, et l'on ferme les yeux. De même, l'habitude des recommandations est absolument démoralisante, elle habitue les jeunes gens à croire que, dans la vie, on ne réussit que par l'intrigue et les procédés irréguliers ; il leur sera très dur plus tard de pouvoir seulement obtenir les situations qu'ils méritent réellement. Les affaires et la politique ont des règles de conduite absolument différentes. On trompe les jeunes gens en leur laissant croire que, dans tous les cas, les procédés pour faire son chemin sont les mêmes.

Enfin, l'esprit de discipline devrait être systématiquement développé dans les écoles et cela serait facile. Comme le dit très judicieusement F. Taylor, l'organisation anarchique des écoles est très funeste à leurs élèves ; il leur est très dur, après avoir joui d'une licence presque absolue, de retrouver dans les usines une discipline inflexible. La difficulté provient surtout de ce que les directeurs d'écoles et les membres de leurs Conseils n'ayant, pour la plupart, jamais eu d'hommes à commander, ne comprennent pas ce qu'est la discipline, ni son importance, et sont les premiers à la déconsidérer en faisant constamment des règlements pour les laisser violer ensuite. Il faut laisser une large initiative aux jeunes gens et faire très peu de règlements, mais être impitoyable dans leur application.

IV. — Intelligence.

Les qualités générales de l'intelligence, telle que tend à les développer l'enseignement secondaire classique, ne sont guère moins utiles que celles du caractère ; ces deux sortes de qualités réunies chez un homme le mettent à même de remplir, déjà très utilement et sans un effort par trop exagéré, les fonctions de chef d'industrie ; la preuve en est dans le nombre d'affaires heureusement conduites par des hommes dépourvus de toute instruction scientifique et technique : notaires, banquiers, avocats, officiers de marine, etc... En France plus particulièrement, les petites industries se perpétuent souvent dans une même famille

où le fils succède au père sans avoir reçu d'autre instruction que celle du lycée. Quelles sont donc ces qualités intellectuelles si utiles pour l'industrie ?

FACULTÉS INTELLECTUELLES. — Il y a d'abord ce que l'on appelle le *jugement*, c'est-à-dire l'aptitude à comprendre les relations des faits entre eux : relations d'analogie ou de causalité ; la possibilité de concevoir les idées abstraites, c'est-à-dire de rapprocher plusieurs faits matériels par un seul de leurs caractères en faisant momentanément abstraction des autres. Enfin, le sentiment de la différence essentielle entre un raisonnement exact et un raisonnement faux. Ces qualités sont indispensables pour pouvoir se perfectionner soi-même. Un individu inintelligent le reste généralement pour toute sa vie, parce qu'il n'a pas conscience de son inintelligence et ne fait rien pour se perfectionner. C'est là une des catégories d'hommes les plus nuisibles en industrie et, en toutes circonstances d'ailleurs, ceux avec lesquels les rapports sont les plus pénibles ; remplis parfois de bonnes intentions et d'ardeur au travail, mais ne réussissant à rien, ils ne peuvent recevoir une observation, un bon conseil, sans se croire victimes de la malignité de leur prochain.

Cependant, l'exagération de cette qualité du jugement et l'abus de la réflexion, de l'effort purement intellectuel peuvent devenir très dangereux en industrie, parce qu'ils tendent à paralyser l'activité, qualité bien plus essentielle encore. Beaucoup de savants, de penseurs se montrent absolument ridicules dans les circonstances les plus simples de la vie courante et seraient, *a fortiori*, incapables de rendre aucun service dans une usine.

Une seconde qualité non moins précieuse est le *bon sens*, c'est-à-dire l'appréciation exacte et spontanée de l'importance relative des choses. Parmi les facteurs d'une opération industrielle, quelques-uns exercent une importance dominatrice sur le résultat ; il faut du premier coup les voir et y fixer en quelque sorte inconsciemment son attention. Faute de cette qualité, l'activité peut se dévoyer d'une façon néfaste. L'instruction scientifique, en mettant toujours au premier plan des abstractions, c'est-à-dire en n'envisageant les phénomènes naturels que par une seule de leurs faces, s'oppose au développement du bon sens ; elle tend à former des esprits faux ; au contraire, le contact journalier dans les usines avec la réalité des faits arrive à donner à des hommes, même dépourvus d'instruction, à des contremaîtres, à des ouvriers, ce bon sens instinctif qu'on appelle l'esprit pratique, et qui leur permet souvent de rendre des services supérieurs à ceux d'hommes plus instruits.

La mémoire rend encore de grands services ; elle permet, en rapprochant les circonstances actuelles de faits antérieurement connus, dont l'esprit s'est meublé, de tirer sans études ni recherches prolongées, des conclusions utiles au but poursuivi ; l'expérience s'acquiert seulement avec le concours de la mémoire. Enfin, il faut rapprocher de la mémoire la faculté imaginative, qui permet de se représenter simultanément des faits différents antérieurement observés ; cette faculté augmente considérablement, par les rapprochements qu'elle permet, la puissance de la réflexion.

ENSEIGNEMENT SECONDAIRE. — Ces facultés sont en partie des dons de la nature, mais l'éducation les développe aussi dans une large mesure ; l'application de l'esprit à des études très variées accroît sa puissance de compréhension ; la littérature, l'histoire et certaines études scientifiques comme la zoologie, la botanique, contribuent au développement du bon sens, donnent le sentiment des nuances. L'enseignement mathématique forme le jugement, inculque la notion de corrélations rigoureuses de certains faits entre eux. Les facultés imaginatives se développent par l'étude de la géométrie dans l'espace et surtout de la géométrie descriptive. Les leçons apprises par cœur et l'étude de l'histoire exercent la mémoire.

Toute cette éducation intellectuelle pourrait être continuée dans l'enseignement technique, mais elle est avant tout le but essentiel de l'enseignement secondaire; à dix-huit ou vingt ans, la majeure partie de cette formation est définitivement achevée, l'esprit perd ensuite une grande partie de sa malléabilité. Cela explique l'importance attachée par les grands groupements industriels à l'enseignement secondaire et leurs protestations unanimes contre les réformes de l'enseignement moderne, synthétisées dans les programmes de 1902, dont le but avoué est de permettre l'entrée dans les écoles techniques sans les qualités d'intelligence qui sont ensuite les plus indispensables pour réussir dans l'industrie. En faisant ressasser deux ans de plus les matières des programmes d'examens, on donne un avantage incontesté aux candidats inintelligents. Cela ne veut pas dire que l'étude des sciences et celle des langues vivantes ne puissent pas avoir une vertu éducative semblable à celle de l'ancien enseignement classique, mais en fait l'enseignement moderne n'est aucunement donné aujourd'hui en vue du développement intégral de l'intelligence, il ne s'adresse guère qu'à la mémoire. Il a un but différent, essentiellement utilitaire : mettre les jeunes gens en mesure de commencer le plus tôt possible à gagner leur vie, mais même à ce point de vue restreint il est déplorablement organisé.

Cette conception est exactement le contraire de celle qui avait présidé jadis, à Saint-Petersbourg, à la création de la fameuse Ecole d'Administration, l'Ecole Nicolas, d'où sont sortis tant d'hommes illustres : ministres, administrateurs, industriels et savants. Elle donnait six années de culture générale, à la fois littéraire et scientifique, de quatorze à vingt ans. Puis, à la sortie, les élèves se dispersaient au gré de leurs préférences vers les différents enseignements professionnels plus spécialisés. C'était là un véritable enseignement de culture intellectuelle.

V. — Connaissances scientifiques.

UTILITÉ. — L'utilité de l'instruction scientifique, c'est-à-dire de la connaissance précise des propriétés de la matière et des lois des phénomènes naturels que l'industrie met à chaque instant en œuvre, semble tellement évidente que l'on ne comprend pas facilement comment des hommes dépourvus de ces connaissances peuvent parfois réussir. Ils le font dans les petites industries en copiant ce que font leurs voisins, sans être capables de coopérer aucunement aux perfectionnements des procédés de fabrication, et dans les grandes affaires en s'attachant des collaborateurs pourvus des connaissances qui leur manquent. Carnegie, en recevant la grande médaille d'or Bessemer, répondait avec beaucoup de raison : « Je suis confus de recevoir ce grand honneur, car mon seul mérite a été de savoir m'entourer d'hommes plus habiles que moi, auxquels je dois tous mes succès industriels. » Bessemer eût été bien incapable de découvrir à lui seul, dans ses fontes, le phosphore dont il ignorait sans doute même le nom ; son rôle s'est borné à avoir le bon sens de penser que si deux fontes donnent des résultats différents, il doit y avoir quelque chose de différent entre elles, et il le fit rechercher par des chimistes de profession. Mais, cette division du travail complique énormément les études les plus simples. En fait, les hommes qui ont parfaitement réussi sans cette instruction scientifique sont relativement peu nombreux ; ils ont été des hommes extraordinairement doués du côté du caractère et de l'intelligence.

Quand on ne peut juger par soi-même de la valeur des arguments ou des renseignements fournis par ses collaborateurs, il ne faut pas se tromper dans le choix de son personnel et savoir bien placer sa confiance. Un exemple entre beaucoup d'autres montrera quelles difficultés il y a à faire de l'industrie sans connaissances scientifiques. Un directeur d'usine à chaux hydraulique, tout à fait ignorant de la chimie, mais comprenant l'im-

portance de cette science pour l'industrie, envoyait tous les mois ses produits à un chimiste de Paris pour les analyser, et faisait ensuite des comparaisons régulières entre les résultats des analyses et les qualités de ses produits. Ne pouvant arriver à trouver aucune relation et complètement découragé, il allait renoncer au concours de la chimie ; il me montra à ce moment ses résultats d'analyses et au premier coup d'œil, je pus lui dire que tous ses chiffres étaient de pure fantaisie, que ses analyses n'avaient jamais été faites. Son chimiste était même tellement ignorant de la nature des chaux hydrauliques qu'il inventait des compositions tout à fait irréalisables. Ainsi, pendant deux ans, ce directeur d'usine avait perdu son temps et son argent, faute de connaissances scientifiques tout à fait élémentaires.

Les hommes munis de ces connaissances scientifiques ont, au contraire, un avantage énorme. Ceux qui ont réussi dans les affaires sans ce bagage scientifique sont en somme des exceptions rares, les premiers au contraire sont légion. Un grand nombre de directeurs des affaires industrielles les plus importantes en France sont d'anciens polytechniciens dont l'instruction a été purement scientifique. On peut citer les directeurs de la plupart de nos grandes Compagnies de chemins de fer, des directeurs de mines, d'aciéries, d'usines électriques, de Compagnies gazières, etc... Et c'est souvent une surprise pénible pour d'anciens élèves des Ecoles techniques, ayant longtemps servi dans une affaire industrielle, de se voir préférer, au moment où ils arrivent au sommet de l'échelle et en passe de devenir directeurs, de jeunes polytechniciens dépourvus de toute expérience technique. Ces derniers réussissent assez bien dans ces cas, pour que le nombre des affaires qui recourent à leurs services ne tendent pas à diminuer, et ils réussissent avec une somme d'efforts relativement très faible ; beaucoup d'entre eux se contentent de la journée de huit heures, et l'on voit ces directeurs scientifiques de grandes affaires trouver encore le temps de s'occuper de littérature, de beaux-arts et de satisfaire à toutes les obligations de la vie mondaine, ce qui n'est guère possible pour les autres.

ORIENTATION DÉSIRABLE. — L'enseignement scientifique doit cependant, pour répondre complètement au rôle qui lui est assigné ici, présenter un caractère spécial le différenciant dans une certaine mesure de l'enseignement purement théorique dirigé vers la connaissance seule, sans aucune idée d'applications pratiques. La science est certainement partout la même : il n'y a pas une science pour le savant et une autre pour l'ingénieur. Mais son domaine est tellement vaste qu'il est impossible d'en explorer tous les recoins dans le temps nécessairement limité consacré aux études. Il faut faire un choix, et le choix ne sera pas le même suivant le but poursuivi. Pour le savant, les points nouveaux et incertains de la science sont les plus intéressants ; pour l'ingénieur, les parties les plus anciennement connues et les mieux étudiées, qui ont reçu les applications les plus nombreuses, sont seules utiles. Un métallurgiste s'intéressera à l'étude du fer, celle du radium est sans importance pour lui. Il n'en sera peut-être pas de même dans l'avenir, mais l'industriel travaille d'abord pour le présent. De même en physique, l'électricité sera plus utile que l'acoustique.

La nécessité de réformer l'enseignement de l'Ecole Polytechnique, qui était arrivé à ressembler beaucoup trop à celui d'une Faculté des Sciences, comme M. Appell l'a très justement fait remarquer, a frappé beaucoup de ses anciens élèves. Un mouvement s'est produit parmi eux pour obtenir cette évolution indispensable, et de cette préoccupation est née la Société des Amis de l'Ecole Polytechnique, qui s'efforce aujourd'hui d'obtenir une orientation nouvelle de l'enseignement, ou plus exactement un retour aux traditions du passé, depuis trop longtemps oubliées.

MESURES EXPÉRIMENTALES. — Il ne suffit pas cependant que la science meuble l'esprit de connaissances utiles en vue des appli-

cations industrielles. La documentation n'est pas son objet principal; elle exerce un rôle au moins aussi utile en développant l'esprit scientifique, en habituant à l'exactitude et à la précision dans les recherches. C'est à cette tournure d'esprit que l'industrie moderne doit ses progrès si rapides; elle habitude à démêler les facteurs multiples dont dépend un phénomène et à mesurer l'influence de chacun d'eux. Par exemple, la qualité d'un ciment dépend de la composition des pâtes cuites, de l'intimité du mélange, de la température de cuisson, de la durée du chauffage, de la vitesse du refroidissement et enfin de la finesse de pulvérisation. Pour réussir à coup sûr la fabrication de ce produit, il faut connaître les relations qui existent entre la qualité du ciment fabriqué et la grandeur de chacun des facteurs de cette qualité. C'est identiquement là le but de la science, dont le seul objet est d'établir des relations numériques définies entre les grandeurs de différents phénomènes naturels placés sous la dépendance mutuelle les uns des autres. Autrement dit, dans l'usine, il ne suffit pas de connaître la science déjà acquise, il faut encore être capable de la faire soi-même, d'en créer au jour le jour de nouveaux chapitres. Pour ce but, la science des livres ne suffit pas, pas davantage la cuisine, la fabrication du chocolat et autres préparations semblables longtemps en honneur dans les laboratoires d'enseignement. On doit au contraire mettre dans les mains des élèves des appareils de mesure, les familiariser avec leur emploi, leur en faire étudier les causes d'erreurs; il faut en un mot établir dans leur esprit un lien indissoluble entre la science et la notion de mesure. Cette intervention des mesures dans l'industrie a été la cause principale de son évolution si rapide pendant la seconde moitié du XIX^e siècle; les laboratoires industriels de l'Allemagne ont été une des causes dominantes de sa suprématie industrielle. Chez nous, la question est encore à l'ordre du jour, car un trop grand nombre d'industries continuent à ignorer l'importance des mesures. Il y a quelques années, il n'y avait pas en France, en dehors de la Manufacture Nationale de Sèvres, une seule fabrique de porcelaine possédant un laboratoire d'analyse chimique. La création de laboratoires de mesures à l'Ecole Polytechnique a été, dans les réformes demandées, une des préoccupations dominantes de la Société des Amis de l'Ecole Polytechnique; cette réforme est aujourd'hui en voie de réalisation, grâce à des subventions importantes fournies par des industriels, ses anciens élèves, qui ont manifesté ainsi toute l'importance qu'ils attachaient à cette orientation de l'enseignement scientifique.

VI. — Enseignement psychologique.

UTILITÉ. — Si la connaissance scientifique de la matière inanimée est très utile à tout ingénieur, à tout directeur d'usine, la connaissance des hommes l'est bien plus encore; ce sera le problème capital de l'industrie de demain. La science proprement dite est tellement avancée que nous pouvons maintenant la laisser progresser automatiquement; tout au plus devons-nous tâcher d'augmenter encore la vitesse de son développement. Pour la science de l'homme, tout au contraire est à faire; on commence à peine à s'en préoccuper au moins en vue des applications; de jour en jour, la question ouvrière prendra une acuité plus grande, tant que l'on n'aura pas compris la nécessité de l'étudier scientifiquement. Dans une conférence récente, M. Solvay disait avec beaucoup de raison: « Il y a urgence de chercher à mettre au jour des principes d'organisation sociale scientifiquement déduits, afin d'être prêts à faire face aux événements brusques qui peuvent se précipiter avec le progrès, événements qui pourraient mettre en échec absolu les procédés d'organisation anciens, et même provoquer un cataclysme social. »

La diffusion de l'instruction, la presse, les communications par chemin de fer accélèrent la pénétration des idées fausses et

facilitent la réalisation de groupements anarchiques, destructeurs de toute industrie. Avec les dimensions énormes de toutes les pièces des usines modernes, l'arrêt d'un haut fourneau, celui d'un four de verrerie, sont de véritables désastres, entraînant des pertes se chiffrant par millions; et l'on est stupéfait de l'ignorance des ouvriers qui n'hésitent pas à provoquer ces désastres, incapables de comprendre que toute destruction d'un outil de travail leur est au moins aussi préjudiciable qu'à leurs patrons. Ils ignorent l'apologue des membres et de l'estomac, offert autrefois dans des circonstances analogues à la populace romaine. Quelle folie comparable à celle des vigneron de la Champagne! En saccageant les vignes où ils gagnaient leur vie, en expulsant de chez eux, pour les envoyer se développer dans d'autres départements, les usines qui ont fait la richesse de leur région, ils se condamnent volontairement pour de longues années à la misère.

Il y a cependant une chose plus stupéfiante encore que cette ignorance des ouvriers, c'est l'inconscience de leurs patrons, dont les idées, sur ces questions, ne dépassent guère celles de leurs employés. Comment ont-ils pu solliciter, ou tout au moins accepter, le rétablissement d'abus semblables à ceux du moyen âge, tant maudit cependant, sans soupçonner que l'on ne peut impunément bouleverser la société et les mœurs d'un pays sans s'exposer aux pires représailles. Ils payent aujourd'hui les frais de leur ignorance et cette ignorance est monumentale. Tous nos législateurs et un grand nombre d'industriels sont, comme le fait justement remarquer le Dr Gustave Lebon, de véritables enfants. Les uns se figurent qu'en faisant des lois et des règlements, ils arriveront à ce que tous les ouvriers deviennent patrons et gagnent leur vie sans travailler. Les autres s'imaginent que les droits de douane, les traités de commerce, les primes données par le gouvernement peuvent enrichir un pays indépendamment de toute production, ou au moins ils agissent comme s'ils le croyaient.

Ils savent bien les efforts nécessaires pour fabriquer une bonne machine à vapeur et pour la faire fonctionner ensuite. Les pièces doivent être exactement proportionnées, le graissage soigneusement entretenu et il faut en donner la conduite à un bon mécanicien. Autant il faut dépenser de science, de travail et de réflexion pour arriver à un résultat utile, autant, au contraire, il est facile de mettre une machine hors de service ou même de la détruire.

Il suffit de jeter une poignée de sable sur les coussinets pour les faire gripper; un enfant a les connaissances nécessaires pour produire ce beau résultat. Or, il en est exactement de même des grandes machines humaines qui constituent un établissement industriel et plus généralement de toute société humaine. Le premier venu est capable de prendre les dispositions nécessaires pour tout bouleverser, tout faire gripper; cela ne demande aucun effort de réflexion, aucune instruction. Pour bien faire fonctionner ces organismes humains, il faut au contraire une science et une attention plus profonde encore que pour une machine à vapeur. Parmi les hommes auxquels incombe la tâche de conduire leurs semblables, bien peu se doutent de cette vérité élémentaire. Ceux qui possèdent cette notion ont de ce fait une supériorité énorme sur les autres. Cela a été une des raisons principales du succès d'hommes comme Carnegie et Solvay.

Dans l'avenir, le plus beau rôle de l'enseignement technique, certainement le plus utile, sera de donner à ses élèves cette connaissance indispensable de l'homme. Mais pour le moment, avant de créer l'enseignement, il faut créer la science. Presque tout est encore à faire; à peine soupçonne-t-on la possibilité de faire quelque chose dans ce sens. Les cris d'alarme jetés par Solvay en Belgique, par Taylor aux Etats-Unis et par le Dr Gustave Lebon en France seront, espérons-le, bientôt entendus.

ECONOMIE POLITIQUE. — Mais, dira-t-on, l'économie politique est précisément cette science réclamée ici comme une nouveauté à créer. L'économie politique rentre bien en effet dans la science générale de l'homme et de ses sociétés, mais c'est une science morte ; elle ne renferme aucun motif d'action. Elle raconte ce qui se passe en moyenne quand telles ou telles circonstances se trouvent réalisées, mais elle ne dit pas comment vous devez agir pour obtenir tel ou tel résultat. Elle ressemble à la paléontologie, qui rapporte la succession des espèces animales à la surface de la terre, mais n'est cependant d'aucun secours pour un éleveur qui veut améliorer son troupeau.

L'économie politique demande à être digérée et refondue par des hommes qui aient eu à conduire leurs semblables, à diriger de grandes industries, et qui puissent par suite apprécier exactement le degré d'importance relative, la puissance d'action, le degré de bienfaisance des différentes relations entre les phénomènes humains. A ce point de vue, le petit volume : *Works and Wages*, de Lord Brassey, le grand entrepreneur qui a construit les premières lignes de chemin de fer en Angleterre et en France, est autrement suggestif que les gros traités d'économie politique. A propos, par exemple, de la loi classique de l'offre et de la demande, il montre la limitation du champ d'application de cette loi par toute une série de circonstances que néglige l'économie politique et qu'il a cependant journellement rencontrées dans sa conduite des ouvriers. Voici un autre détail montrant ce que l'homme pratique peut mettre dans un traité d'économie politique que n'y mettra pas le théoricien : Invoquant sa longue expérience des ouvriers, acquise en travaillant avec eux d'abord comme ouvrier lui-même, puis comme contremaître, comme ingénieur et enfin comme directeur d'usine, F. Taylor affirme catégoriquement le fait suivant d'une importance capitale pour tous ceux qui sont appelés à conduire des ouvriers. « Il n'y a pas un ouvrier que l'on ne puisse amener à pousser au maximum sa production et à résister aux injonctions des syndicats qui veulent au contraire l'obliger à limiter cette production, en lui assurant un salaire supérieur d'une quantité suffisante à la moyenne des salaires de la même profession. Cette augmentation, variable suivant les cas, ne peut jamais descendre au-dessous de 25 % sans avoir jamais besoin d'atteindre 100 %. Ceci donne immédiatement une base d'action très puissante, ce n'est plus une spéculation sans portée pratique. »

DESIDERATA ACTUELS. — Dans l'état actuel, une étude sur les tragédies de Racine faite par un bon professeur de rhétorique qui s'attacherait à mettre en lumière la répercussion mutuelle des sentiments des différents personnages, semble pouvoir être plus utile à la formation d'un ingénieur qu'un cours d'économie politique. Un article de Janet publié il y a quelque trente ans dans la *Revue des Deux Mondes* sur le *Britannicus* de Racine donnerait un excellent canevas pour étudier la plupart des grèves. Néron représente la multitude sans volonté et capable, par faiblesse, des pires excès, Burrhus, les bons conseillers toujours maladroits, et Narcisse, les politiciens sans scrupules, mais connaissant à fond la psychologie des foules.

On n'objectera peut-être qu'il serait bien plus urgent de chercher à donner des idées économiques et sociales saines aux ouvriers qu'aux ingénieurs. Des tentatives faites dans cette voie sont et resteront vaines, parce que les idées fausses descendent toujours des classes, dites dirigeantes, c'est-à-dire riches et instruites, vers les classes ouvrières, qui ont peu ou pas d'idées personnelles. Il est impossible de corriger les idées fausses des dernières, sans avoir au préalable obtenu le même résultat pour les premières, dont les déclassés sont les meneurs habituels des ouvriers. On peut citer un exemple frappant de cette théorie de la propagation des idées *per descensum*. On croyait autrefois dans la société la plus instruite à la possibilité de jeter des sorts à distance, d'empoisonner les sources par des incantations, de

faire mourir les gens en piquant leur image en cire, et ces croyances dans le peuple ont provoqué des désordres sanglants, ressemblant bien aux mouvements populaires de l'époque actuelle. Ces préjugés, pas plus absurdes d'ailleurs que beaucoup des préjugés présents, ont disparu partout, parce que les classes instruites ont fini par en comprendre la niaiserie et que leurs membres, même les plus malintentionnés, n'ont plus osé les remettre en circulation par crainte du ridicule. Il en est de même des ouvriers qui ne perdront leurs préjugés sociaux que lorsqu'ils n'en trouveront pas l'exemple chez leurs patrons.

A ce point de vue, le rôle de l'enseignement technique peut donc être doublement utile, et je ne vois pas que, dans un avenir prochain, il puisse avoir une plus belle mission à remplir.

VII. — Enseignement professionnel.

INUTILITÉ ET IRRÉALISABILITÉ. — Pour bien des personnes, le but essentiel de l'enseignement technique est l'acquisition des connaissances professionnelles ; aussi seront-elles étonnées de me voir rejeter ainsi au dernier plan un point de vue sur lequel, semble-t-il, j'aurais dû dès le début concentrer toute votre attention. Je professe à ce sujet une opinion qui passe aujourd'hui pour paradoxale, mais qui dans l'avenir le deviendra moins de jour en jour. Autrefois, l'enseignement professionnel constituait à lui seul tout l'enseignement technique, mais sa place diminue progressivement et finira, à mon avis, par s'annuler complètement au moins dans l'enseignement supérieur. Si je me permets d'exprimer un avis aussi catégorique, c'est qu'en le faisant je sais être d'accord avec des hommes éminents dont personne ne songe à contester la compétence industrielle. Mes idées n'ont pas toujours été les mêmes ; voici leur origine première : chargé, il y a quinze ans, de créer à l'Ecole des Mines un cours de chimie industrielle, je crus devoir prendre les conseils de M. Hector Biver, le directeur de la Compagnie de Saint-Gobain, dont la situation prééminente dans l'industrie chimique était unanimement reconnue. A mon grand étonnement, il me répondit : « Si vous voulez me permettre de vous donner franchement mon avis, le mieux serait de ne pas faire de cours de chimie industrielle à vos élèves, mais seulement des cours de physique et de chimie générale. Ils n'en sauront jamais trop pour remplir les services que nous leur demandons dans nos usines. C'est au contraire perdre son temps que de leur décrire des procédés de fabrication qu'ils apprendront à connaître beaucoup mieux et avec moins de peine par un séjour de quelques semaines dans les ateliers. »

Tout récemment, nous avons créé à l'Ecole des Mines un enseignement complet de chemins de fer dans l'espoir d'ouvrir de nouveaux débouchés à nos élèves. Invoquant cette amélioration, pour demander à un des plus éminents des directeurs de nos Compagnies de chemins de fer français de prendre quelques-uns de nos élèves, celui-ci nous répondit : « Volontiers, à condition que ces élèves soient dispensés de suivre les cours de chemins de fer qui n'ont aucun intérêt pour eux ; il faut au contraire leur faire suivre des cours de métallurgie, d'électricité et en général de toutes les matières connexes de l'exploitation des chemins de fer, qu'ils n'aient pas l'occasion d'apprendre dans nos ateliers. »

En y réfléchissant, cette opinion un peu imprévue peut être justifiée par des raisons multiples ; autrefois, par exemple, il y avait pour la fabrication du fer un seul procédé et un seul appareil, la forge catalane ; pour la fabrication de l'acier par cémentation, également un seul procédé. Les mêmes méthodes de travail étaient uniformément employées dans toutes les usines et bien connues des professeurs ; il était facile d'en donner la description complète et précise dans un cours. Aujourd'hui, pour obtenir un même produit, il y a des centaines de procédés distincts ; il est impossible de les décrire tous en détails. Si l'on tient à être complet, il faut se contenter de sèches énumérations, donner seulement des têtes de chapitres, ne faire en un mot que de la

vulgarisation banale. Si l'on veut, au contraire, entrer dans les détails, on doit nécessairement se limiter et choisir un seul procédé que l'on étudiera avec soin; mais alors, il y a 99 chances sur 100 que les auditeurs de cet enseignement ne rencontrent jamais dans les usines le procédé qui leur a été enseigné sur les bancs des écoles. Il est impossible aujourd'hui de faire sérieusement un enseignement professionnel encyclopédique; toute la vie serait nécessaire pour le suivre.

Une autre difficulté de cet enseignement est que, avec la multiplicité des procédés employés, les perfectionnements incessants que chaque usine apporte et tâche de conserver secrets, il est impossible pour les professeurs d'être exactement documentés sur la pratique industrielle; tantôt ils l'ignorent sur certains points et racontent alors des vieilleries; d'autres fois, ils la connaissent par la nature de certaines de leurs occupations, mais alors ils sont liés par le secret professionnel et ne peuvent faire profiter leurs élèves de leurs connaissances.

SCIENCE INDUSTRIELLE. — Cet enseignement professionnel sera nécessairement remplacé, à plus ou moins brève échéance dans les écoles techniques, par un enseignement scientifique d'une nature spéciale, que j'appelle la *science industrielle*.

La science proprement dite, la science générale est essentiellement analytique, elle étudie isolément chaque catégorie de phénomènes, abstraction faite des autres phénomènes connexes dont chaque corps est simultanément le siège. Quand on étudie la dilatation calorifique des corps, par exemple, on fait abstraction de leurs radiations lumineuses par incandescence, de l'absorption de chaleur nécessaire à leur échauffement, des changements de conductibilité électrique, des variations de dureté mécanique. Ces phénomènes sont étudiés chacun à part, ils font l'objet d'autant de chapitres distincts, d'une science abstraite générale qui s'appelle la physique. Au contraire, pour les applications pratiques, il faut envisager tous les phénomènes dans leur réalité avec la multiplicité de leurs aspects particuliers. Il faut faire converger vers un objet particulier tous les chapitres épars de la science, appris isolément. Si l'on possède des connaissances scientifiques suffisamment développées et une certaine ouverture d'esprit, on est capable de faire de soi-même ce travail d'accommodation, sans y avoir été préparé par un enseignement spécial.

Par exemple, ayant à étudier un four, on tiendra compte de la dilatation du massif réfractaire sous l'action des variations de température, de la ténacité des armatures métalliques qui s'opposent aux dislocations de la maçonnerie, de la porosité des briques qui laisse filtrer des gaz à travers, de la chaleur d'échauffement des maçonneries, en la rapprochant du pouvoir calorifique des combustibles qui permet de calculer la quantité de charbon à brûler pour la mise en feu, et enfin de la conductibilité et du pouvoir rayonnant des maçonneries dont dépend la consommation de charbon nécessaire pour maintenir la température stationnaire.

Mais en réalité il faut des aptitudes intellectuelles relativement rares pour être capable de faire sans préparation préalable ce travail de synthèse: c'est là un fait d'expérience banal. Un jeune homme vient de passer de brillants examens et a fait preuve d'une connaissance très complète de toutes les théories scientifiques; quelque semaines plus tard, il sera souvent tout à fait incapable d'appliquer dans les usines ces mêmes connaissances au fait pratique le plus banal.

La science industrielle a précisément pour objet de combler cette lacune.

Elle ne s'attarde pas à la description détaillée des multiples procédés de fabrication, ni à la description des appareils employés; elle se contente d'en donner un résumé sommaire, en quelque sorte schématique, suffisant cependant pour faire comprendre la nature des phénomènes mis en œuvre. Elle renvoie

pour le reste aux ouvrages spéciaux, aux monographies, aux rédactions de brevets et mieux encore aux visites faites dans les usines. Elle concentre ses efforts sur le rapprochement scientifique des phénomènes distincts mis en œuvre par la force même des choses dans une opération industrielle donnée; elle rappelle simplement les connaissances acquises dans les études scientifiques proprement dites, en se contentant de les compléter par une série de renseignements numériques relatifs aux propriétés des corps et des matériaux mis en œuvre.

La science pure est essentiellement abstraite de sa nature; elle isole dans les différents phénomènes naturels chacun des points de vue auxquels ils peuvent être envisagés, et de leur étude fait autant de branches distinctes de la science; la science industrielle est au contraire synthétique, elle reprend chacune des sciences abstraites pour les grouper autour de chaque fait réel, en accordant à chacune d'elles une place proportionnée à sa part dans le résultat final.

Cet enseignement de science industrielle a le grand avantage d'être pratiquement réalisable, parce que son domaine est limité; le nombre des procédés différents employés dans l'industrie peut croître sans limite, mais le nombre des facteurs élémentaires mis en œuvre est nécessairement limité par les propriétés mêmes de la matière, sur lesquelles nous n'avons pas d'action. Dans tous les fours, la conductibilité calorifique des briques est la même, le pouvoir calorifique du combustible identique, etc. Les études faites en vue d'un appareil déterminé, pris comme type pour les démonstrations, n'ont qu'à être reproduites identiquement les mêmes pour d'autres appareils similaires, les grandeurs et les formes de ces appareils changeant seuls.

En résumé, l'enseignement des Ecoles d'enseignement supérieur technique, c'est-à-dire des écoles destinées à la formation des chefs d'industries ou tout au moins d'ingénieurs d'un grade élevé, devrait être complètement consacré à l'étude de la science industrielle, qui ferait suite à l'étude de la science pure, et précéderait l'étude de la pratique industrielle réservée au séjour dans les usines. Ce séjour nécessaire dans les usines peut d'ailleurs se faire avant l'enseignement technique, comme en Allemagne, pendant, comme aux États-Unis, ou après, comme cela a lieu aujourd'hui en France. Chacune de ces combinaisons a ses avantages et ses inconvénients.

Cette évolution de l'enseignement technique est déjà inaugurée; il ne s'agit pas de tenter une révolution, mais simplement d'accélérer un mouvement qui a commencé spontanément, par suite de l'impossibilité où l'on se trouvait de décrire, dans les cours, d'une façon suffisamment complète, les appareils tous les jours plus nombreux employés dans les usines. Il a fallu, faute de temps, en supprimer le plus grand nombre et remplacer leur description par l'exposé de quelques notions générales, c'est-à-dire par des notions de science industrielle. Le moment est venu de systématiser ce que l'on avait commencé à faire d'une façon inconsciente.

Il n'est malheureusement pas possible de donner, dès à présent, cet enseignement d'une façon complète, parce que la science est loin d'être complète — elle ne le sera d'ailleurs jamais — et qu'il nous manque un grand nombre de coefficients numériques pour faire usage, dans chaque cas particulier, des relations scientifiques générales. Cette systématisation de l'enseignement technique aurait une conséquence indirecte très intéressante; elle mettrait en lumière les lacunes trop nombreuses de nos connaissances scientifiques et l'insuffisance des données numériques nécessaires pour en faire usage. Elle donnerait ainsi une nouvelle impulsion aux travaux de recherches dans les laboratoires scientifiques et permettrait de les orienter d'une façon plus utile au pays.

Bien entendu, cette méthode d'enseignement technique suppose expressément une connaissance très approfondie de toutes les sciences intervenant dans les industries. Elle peut donc seulement

convenir à des jeunes gens qui ont reçu une instruction scientifique générale correspondant au niveau de l'enseignement supérieur scientifique, et qui, par suite, ont pu continuer leurs études jusqu'à un âge relativement avancé. Elle ne conviendrait aucunement à des jeunes gens qui voudraient abandonner les études générales vers l'âge du baccalauréat pour arriver plus jeunes à se faire une situation rémunérée. Vouloir faire de la science industrielle à l'usage d'étudiants insuffisamment préparés conduirait à se contenter d'un simple verbiage plus nuisible qu'utile. Cet enseignement se réduirait nécessairement à un certain nombre de formules banales apprises par cœur. Il ne doit être que le complément d'un enseignement scientifique général complet. L'enseignement professionnel très spécialisé convient, au contraire, bien mieux aux jeunes gens pressés, par leur situation de fortune, de trouver une position rémunérée dans l'industrie. Cela ne les préparera pas spécialement à devenir chefs d'industries, mais cela ne les empêchera pas cependant d'y arriver, s'ils ont en eux l'étoffe voulue. De même dans l'armée, de simples soldats sont devenus généraux, bien que la voie la plus habituellement suivie pour arriver à ces hautes positions ne consiste pas à s'engager.

VIII. — Les méthodes.

NÉCESSITÉ D'UNE ORGANISATION. — Le choix des méthodes d'enseignement à adopter n'est pas indifférent. Il ne semble pas cependant que l'on s'en soit beaucoup préoccupé jusqu'ici; au contraire, les programmes ont été l'objet de discussions fréquentes. Cette indifférence au sujet de l'organisation de l'enseignement est d'autant plus étonnante que, dans les usines, à la direction desquelles l'enseignement technique doit préparer, les questions d'organisation du travail sont constamment à l'ordre du jour; on se préoccupe d'arriver par tous les moyens possibles à obtenir les résultats cherchés de la meilleure qualité, et avec le prix de revient le plus faible.

On paraît s'être contenté de calquer, pour l'enseignement technique, l'organisation de l'enseignement supérieur ordinaire, c'est-à-dire de faire absorber aux élèves le plus grand nombre possible de cours; cela peut être bon pour développer les connaissances, mais aucunement pour préparer à l'action. En France et en Angleterre, les méthodes sont assez analogues; par contre, aux Etats-Unis et en Allemagne, le travail de laboratoire joue, au moins en principe, un rôle prépondérant.

Cette question des méthodes d'enseignement demande à être envisagée de deux façons différentes: au point de vue psychologique, qui définit les procédés les plus appropriés pour développer chez les élèves l'ensemble des qualités reconnues nécessaires à un bon industriel, et au point de vue économique, qui vise à réduire le prix de revient de cet enseignement. On dit parfois que l'on ne doit pas faire d'économie sur l'enseignement, ce sont là de grandes phrases vides de sens. En fait, on ne peut jamais faire abstraction de ce point de vue, mais si l'on néglige de l'étudier systématiquement, on est conduit à rogner des parties très utiles de l'enseignement pour ne pas excéder les crédits disponibles. Il faut donc toujours se poser la question suivante: nous avons à notre disposition des crédits en argent, des ressources en matériel et en professeurs déterminées, comment en tirer le meilleur rendement?

PÉDAGOGIE. — Le point de vue psychologique serait relativement simple à étudier si on voulait en prendre la peine; la question serait d'ailleurs très intéressante; on s'adresserait à un certain nombre d'hommes ayant bien réussi dans leur carrière, et on leur demanderait comment ils ont été formés, quelles influences ont contribué à développer leurs aptitudes intellectuelles et leurs qualités du caractère. La réponse à une semblable question serait facile à donner par chacun des intéressés, il suffirait de réunir ses souvenirs de jeunesse. Les seules circon-

stances qui ont fait sur l'esprit une impression profonde surgissent au milieu des incidents innombrables de la vie journalière, on se les rappelle seulement en raison de l'action qu'elles ont exercée à un moment donné. Pour mon compte personnel, j'ai gardé l'impression très nette que mon développement intellectuel est lié à deux ordres de conditions distinctes: le frottement avec des hommes d'action auprès desquels j'ai vécu, parents, professeurs ou camarades, et les lectures d'ouvrages scientifiques, philosophiques ou littéraires écrits par des hommes qui ont eu une pensée personnelle, à laquelle ils ont dû, d'ailleurs, leur notoriété. Les manuels d'enseignement, les excellents professeurs, auxquels je dois une grande reconnaissance pour mes succès dans les examens, n'ont eu qu'une action absolument nulle sur mon développement; je crois ce fait très général.

Je proposerais, en conséquence, une organisation notablement différente de celle de la plupart de nos écoles techniques: réduire considérablement l'étendue des cours, de moitié par exemple, et remplacer les leçons supprimées par la lecture de mémoires originaux importants qui feraient partie du programme des examens, exactement au même titre que les leçons des cours oraux; cela aurait en même temps l'avantage d'habituer les élèves à des travaux personnels, comme ils auront plus tard à en faire dans les usines quand on leur demandera d'étudier pour leur service une question donnée. Enfin, il faudrait, avant tout, choisir exclusivement les professeurs et tous les membres du corps enseignant, parmi les hommes qui ont travaillé avec succès et ont produit quelque chose, soit au point de vue scientifique, soit au point de vue industriel, en un mot qui ont réussi leur existence et possèdent par conséquent certaines des qualités qu'il s'agit d'inculquer à leurs élèves. L'éducation est surtout une question de contagion.

ORGANISATION. — Si le but à atteindre est facile à définir, les moyens à mettre en œuvre sont plus délicats à choisir; si l'on veut confier l'enseignement à des hommes d'action, c'est-à-dire capables de produire et ayant le sentiment de leur valeur personnelle, il faut les payer proportionnellement à leurs capacités. Le système actuel est absolument ridicule: on paye en général très peu les professeurs en leur imposant, il est vrai, le minimum de contact possible avec les élèves, mais en les mettant dans l'obligation, pour vivre, de mener de front toute une série d'occupations parallèles, souvent peu concordantes entre elles. Il faudrait leur donner des traitements élevés, mais exiger en retour un séjour prolongé au milieu des élèves. Ce résultat n'est pas impossible à atteindre, même en se contentant des crédits actuels. En diminuant de moitié le nombre des leçons, comme cela a été proposé plus haut, on pourrait charger un professeur de plusieurs cours semblables et diminuer de moitié le nombre des professeurs; enfin, on pourrait grouper ensemble les services de préparateurs ou chefs de travaux et ceux de professeurs, comme cela existe à l'Ecole des Mines de Leoben, en Autriche.

Chaque cours est « binomé », comporte un professeur titulaire et un professeur adjoint, chef de travaux; ils sont chargés ensemble de deux cours avec les exercices pratiques correspondants. Le professeur titulaire organise l'enseignement dans son service, choisit le cours dont il veut se charger et exerce un contrôle général sur les travaux pratiques; le professeur adjoint, astreint aux mêmes heures de présence que les élèves, fait le second cours et surveille les travaux de laboratoire ou les projets dans la salle de dessin, suivant la nature de l'enseignement.

Il suffirait d'organiser ainsi, d'une façon complète, une demi-douzaine d'enseignements fondamentaux; d'autres sujets de moindre importance ou ne comportant pas d'exercices pratiques continueraient, comme par le présent, à être l'objet d'un enseignement purement oral, seraient traités dans des conférences données par des maîtres n'intervenant pas dans la direction géné-

rale de l'enseignement et ne faisant pas partie des conseils. Il faudrait, autant que possible, renouveler de temps en temps les titulaires de ces conférences, en les confiant, bien entendu, à des personnes spécialement compétentes sur les questions enseignées, mais pour lesquelles ce serait une occupation seulement accessoire.

IX. — Conclusion.

En résumé, l'enseignement technique vise à former des ingénieurs, des chefs d'industrie, c'est-à-dire des hommes d'action et pas seulement des savants ou des penseurs. Ses méthodes doivent s'inspirer de ce but précis : viser avant tout à développer l'activité individuelle des élèves, tant par des travaux personnels que

par le contact fréquent avec des maîtres ayant fait leurs preuves comme ingénieurs ou comme savants.

Pour l'enseignement technique supérieur, destiné à la formation éventuelle de chefs d'industrie, les programmes doivent avoir surtout pour objet le développement des connaissances scientifiques, science pure et science industrielle, et présenter un caractère encyclopédique. Les connaissances professionnelles sont d'importance secondaire.

Au contraire, pour la préparation aux situations intermédiaires convenant à des jeunes gens pressés de trouver une situation et n'ayant pas dépassé notablement, dans leurs études scientifiques, le niveau du baccalauréat, l'enseignement doit être spécialisé et donné dans des écoles professionnelles limitées chacune à un petit nombre de corps de métiers.

ALLOCUTION DE M. APPELL

MEMBRE DE L'INSTITUT, DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

Je suis assuré d'être votre interprète à tous en remerciant et en félicitant M. Le Chatelier de sa belle conférence, si originale et si personnelle, faite à un point de vue vraiment scientifique, avec des observations et des opinions prises dans l'industrie et chez les industriels. M. Le Chatelier, en signalant l'urgence d'une réorganisation de notre enseignement technique, a fait ressortir la difficulté et la complexité du problème. Aujourd'hui, tous les hommes compétents sont d'avis que nos méthodes d'enseignement technique doivent être modifiées, qu'il faut les différencier nettement, d'une part, des méthodes propres à former des savants, d'autre part, de l'enseignement purement professionnel. Cette opinion commence très heureusement à se répandre ; j'ai été particulièrement frappé de ce fait que le ministère actuel, dans sa déclaration ministérielle, a placé la réforme de l'enseignement technique parmi les questions qu'il se propose d'étudier. C'est là une initiative dont il y a lieu de le féliciter.

M. Le Chatelier, en analysant les différents facteurs qui interviennent dans la formation de l'ingénieur, a mis en évidence le rôle essentiel du caractère, de la volonté, du sens moral, de l'esprit de discipline, à côté de l'intelligence et des connaissances. On ne peut s'empêcher de remarquer que les premiers facteurs, les plus importants, sont précisément ceux qui ne peuvent pas être reconnus avec nos concours actuels, subis en quelques jours, sur des programmes encyclopédiques, où les jeunes gens montrent surtout des qualités de mémoire et d'intelligence. Il est vrai que la volonté a un rôle important dans la préparation même de ces concours si lourds ; mais, à l'examen, on peut constater seulement l'état, en quelque sorte instantané, des connaissances des jeunes gens ; on voit l'état statique de leur personnalité, on ne peut pas la suivre dans son développement, dans son état dynamique. Ce qui fait vraiment l'homme, l'homme d'action, le conducteur d'autres hommes, échappe à ces procédés anciens de sélection. J'ai été très frappé, à cet égard, de ce qu'a dit le conférencier sur la nécessité de créer un enseignement relatif à la science des hommes.

M. Le Chatelier a fait ressortir les différences entre la science étudiée en vue de la connaissance pure et la science industrielle étudiée en vue des applications pratiques : il a insisté très justement sur les méthodes de formation du caractère, de l'initiative, de l'esprit de discipline, par le contact direct et prolongé des jeunes gens avec des maîtres ayant une valeur personnelle, ayant

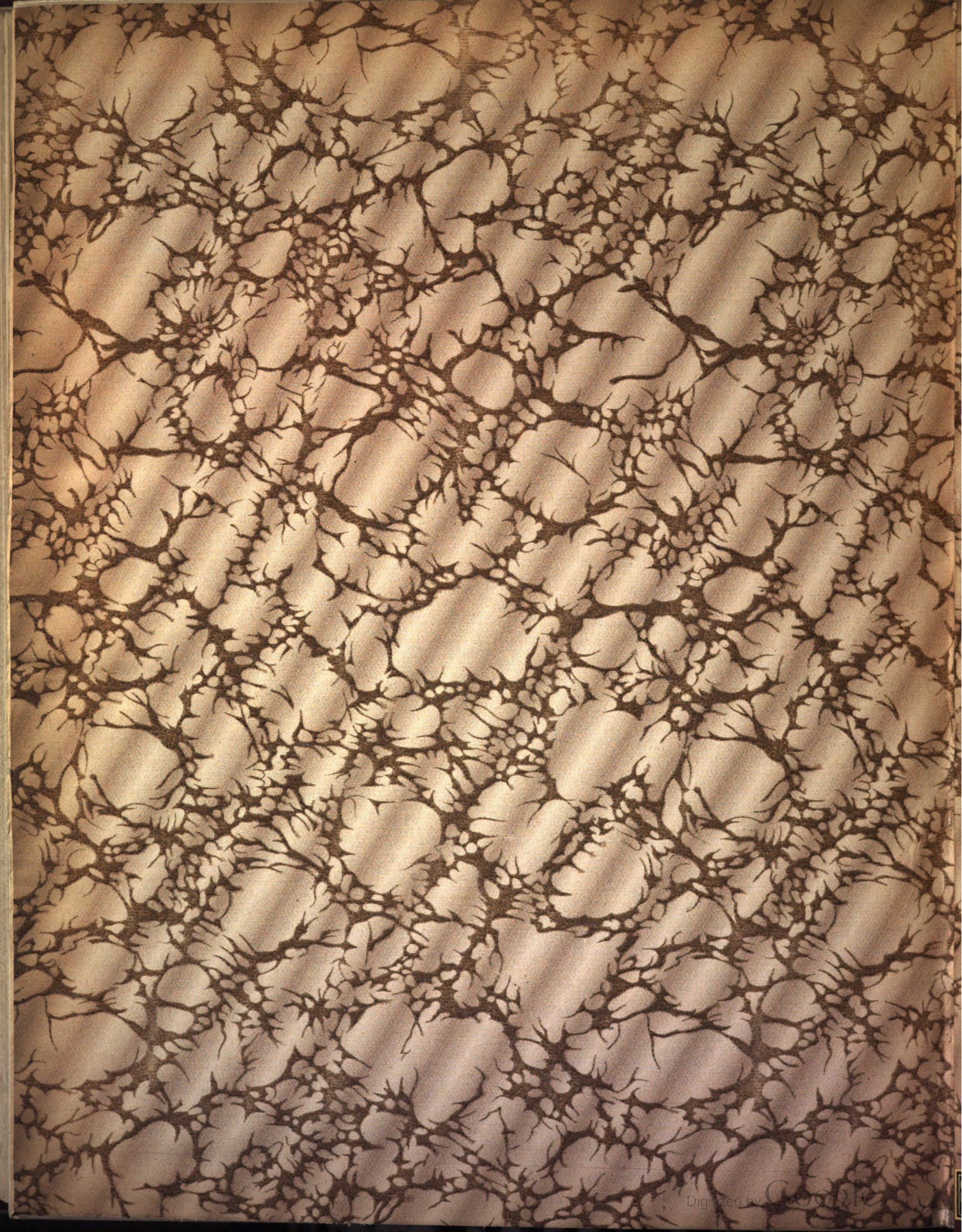
produit quelque chose par eux-mêmes. Mais il faut signaler ici l'impossibilité de réaliser ce contact, pour les nombreuses promotions de nos grandes écoles, à l'égard desquelles les seules méthodes possibles sont celles que nous voyons appliquer : entendre des cours, les rédiger, les apprendre, les répéter aux interrogations. Il faudrait, au contraire, des groupes restreints d'élèves, sous la direction d'hommes de valeur, à qui l'on ferait confiance ; il faudrait en même temps décentraliser et varier, comme le font les Allemands.

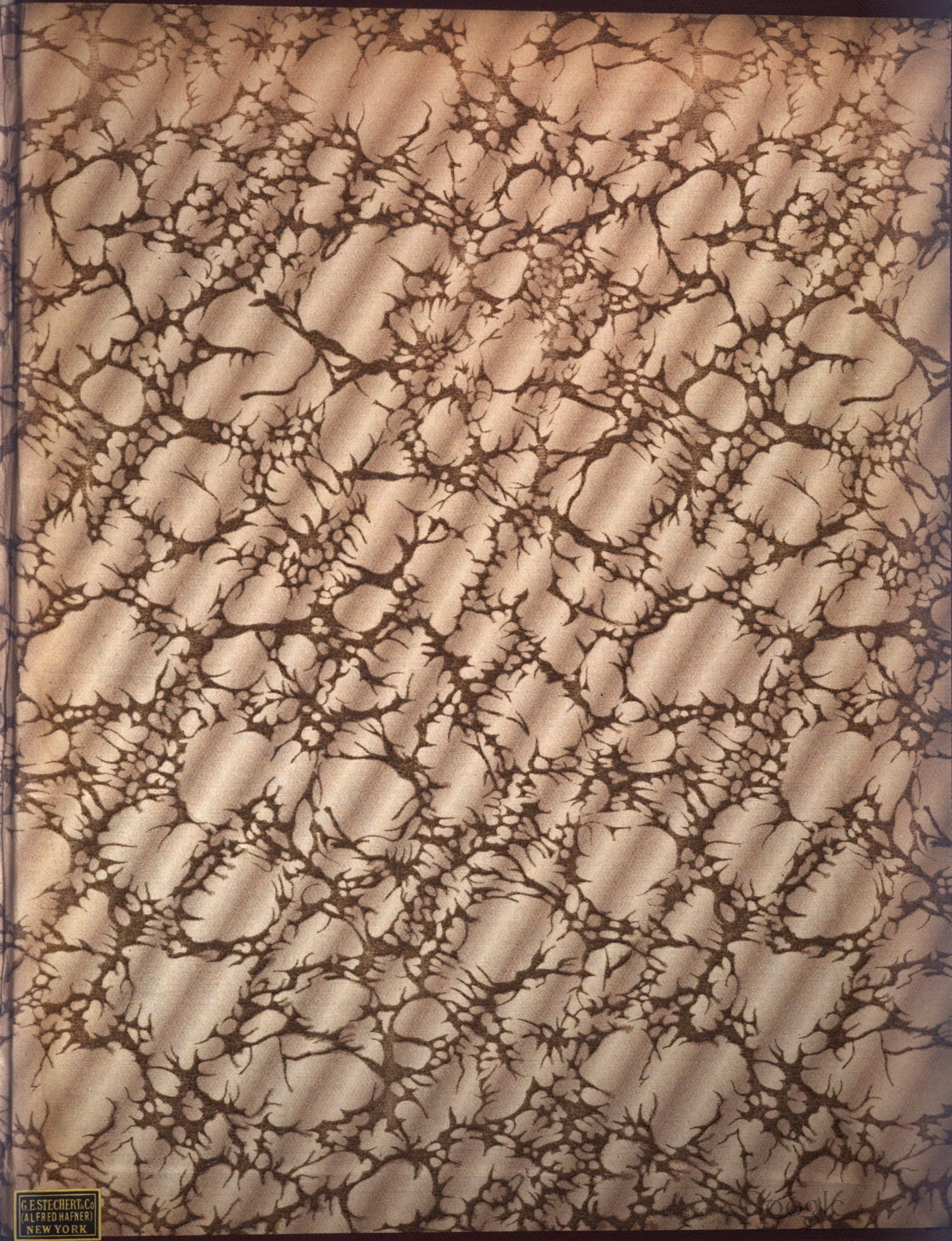
La méthode suivie actuellement dans les grandes écoles ne donne pas de bons résultats, malgré les efforts énormes de travail des élèves, avant leur entrée et pendant leur séjour, malgré le niveau de l'enseignement plus élevé que dans les autres pays.

Même aux États-Unis, que nous nous représentons comme un milieu d'action intense, les mêmes critiques se font jour. Voici, par exemple, ce que dit l'ingénieur américain Taylor parlant de son pays :

« Notre système d'éducation est absolument vicieux. Pendant vingt-deux ans, on laisse les jeunes gens dans l'ignorance absolue des conditions inéluctables du reste de leur existence ; on leur fait absorber tous les jours de nouvelles connaissances et les emmagasiner dans un coin de leur esprit, en leur donnant l'espoir trompeur de s'en servir plus tard. Dès leur entrée dans la vie active, les choses changent subitement comme par un véritable coup de théâtre. Il ne s'agit plus d'absorber, mais d'agir, de mettre un très petit nombre de ces connaissances acquises au service d'un employeur. Après avoir passé vingt-deux ans à se faire servir par ses professeurs, il faut commencer à servir son patron. Il est fort difficile, après avoir été si longtemps réduit à remplir le rôle d'éponge, de se mettre en mouvement, et c'est merveille de voir cette transformation ne pas se faire plus lentement encore ni plus péniblement. » ⁽¹⁾ Quel remède à cette situation ? On le trouvera dans l'ordre d'idées exposées par M. Le Chatelier. Il serait à souhaiter que le ministère, donnant suite à son programme, voulût bien mettre la question à l'étude. Il n'en est pas de plus importante pour l'avenir de notre pays.

(1) Voir la communication présentée par M. F. Taylor à la Society for the promotion of Engineering Education (*Proceedings*, XVII, 1909) ; traduction française publiée par la *Revue de Métallurgie* (1910).





UNIVERSITY OF MINNESOTA
walt,cls annee 3

La Technique moderne.



3 1951 002 806 158 C